



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

Tesina

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA EL TRAMO DE CARRETERA
RIVAS - LA VIRGEN, ENTRE ESTACIÓN 105+000 AL 121+600 (16.6 KM)**

Para Optar al Título de Ingeniero Civil.

Sustentantes:

Br. Hazell Alexandra Sequeira Jiménez

Br. Francisco Javier Ruiz Flores

Tutor:

Msc. Ing. José Bustamante.

Managua, 12 de Enero 2016.

Managua, 12 de Enero del 2016.

Señor Decano
Doctor Ing. Oscar Isaac Gutiérrez Somarriba
Facultad Tecnología de la Construcción-UNI.
Su despacho

Señor Decano.

Con el fin de optar al título de ingeniero civil, remitimos a usted, el protocolo de tesina “Propuesta de Mantenimiento para el tramo de Carretera Rivas - la Virgen, entre estación 105+000 a121+600 (16.6 km)”, para su debida revisión y aprobación.

No omitimos manifestar, que el ingeniero José Bustamante, está de acuerdo en ser nuestro Tutor.

Atentamente,

Sustentantes:

Br. Hazell Alexandra Sequeira Jiménez

Br. Francisco Javier Ruiz Flores



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN + DESARROLLO

HOJA DE INSCRIPCIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:
1) Hazell Alexandra Sequeira Jiménez.
2) Francisco Javier Ruiz Flores
NOMBRE DEL CURSO: Obras Viales
NOMBRE DE LA TESINA:
"Propuesta de Mantenimiento para el tramo de Carretera Rivas - la Virgen, entre estación 105+000 al 121+600 (16.6 km)"
ESPECIFIQUE AL MENOS DOS AREAS DE CONOCIMIENTO QUE ABORDARAN EN LA TESINA:
1) Estudio de Transito
2) Mantenimiento Vial
FECHA DE INSCRIPCIÓN: 12 de Enero del 2016.
FECHA ENTREGA: 15 de Enero del 2016.
FECHA DE APROBACIÓN:
PROPONER TUTOR: Ing. José Bustamante
FIRMA COORDINADOR: _____.

FIRMA DE SUSTENTANTES:

1. _____, 2. _____.

Indice

CONTENIDO	PÁGINA
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	4
III. Justificación.....	6
IV. Objetivos.....	7
V. Marco Teórico.....	8
VI. Diseño Metodológico.....	15
VII. Cronograma de Trabajo.....	17
VIII. Bibliografía.....	18

RESUMEN

El presente documento de tesina describe una propuesta para el mantenimiento del tramo de carretera que inicia en la ciudad de Rivas y termina en La Virgen, intersección hacia la ciudad de San Juan del Sur, que comprende 16.6 Km de carretera de Concreto Asfáltico de dos carriles de 3.30 m de ancho con hombros revestidos.

Se presentan cinco capítulos los cuales llevan una secuencia de los trabajos los cuales detallan a continuación.

- ✓ **Capítulo I:** Este capítulo contiene todo lo concerniente a las Generalidades de la tesina: (Introducción, Antecedentes, Justificación, Objetivos Específicos y General y una descripción general del proyecto.
- ✓ **Capítulo II:** En este capítulo se realiza un análisis de tránsito actual y futuro, así mismo se obtienen el tránsito de diseño para el año base 2016 y las cargas de ejes equivalentes (ESAL`S) por el Método AASHTO 93.
- ✓ **Capítulo III:** En este capítulo se analizan los resultados del estudio de suelo del tramo en estudio. Primero se analizan las deflexiones tomadas con la Viga Benkelman para hallar las deflexiones características o representativas de cada sección homogénea y así determinar los espesores de recapa o de refuerzo de pavimento asfáltico por el método AASHTO.

En segundo lugar se analiza la capacidad de soporte in situ conforme al CBR, conforme a los datos tomado en campo por el DCP (Penetrómetro de Cono Dinámico), también los sondeos son utilizados para la clasificación de suelos mediante el método AASHTO y SUCS, así mismo los Límites de Atterberg. Posteriormente estos datos serán de suma importancia para la propuesta de mantenimiento previo a la colocación del refuerzo o recapa de asfalto.

- ✓ **Capítulo IV:** Este capítulo contiene el diagnóstico y la propuesta de mantenimiento que se debe aplicar a cada tramo según el caso.
- ✓ **Capítulo V:** En este capítulo se plantean las conclusiones y recomendaciones del tramo en estudio.
- ✓ **ANEXOS:** En esta sección de la tesina se encuentran las tablas con los datos de CBR, Clasificación de Suelos y Límites de Atterberg, Factores de Equivalencia para Pavimentos Asfálticos (utilizados para calcular los ESAL's), y al final se encuentra el registro fotográfico de los núcleos extraídos y de las fallas encontradas.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El Gobierno de Nicaragua dentro de sus prioridades, se encuentra el incorporar nuevas tecnologías, trazándose metas para hacer que el país sea más competitivo en todos los campos. En la construcción de carreteras una de las técnicas que viene desarrollando es la reutilización o reciclado de asfaltos con el objetivo de proteger el medio ambiente y disminuir costos de inversión.

El desarrollo de la infraestructura vial incide en gran manera en el crecimiento del país, debido a que favorece el movimiento de bienes y personas, produciendo un impacto positivo en la economía y en la sociedad, de tal forma que los usuarios puedan operar a bajo costo y transportarse en el menor tiempo posible.

El tramo de carretera objeto de estudio, Rivas – La Virgen, con superficie de rodamiento bituminosa, se ubica al sur del país en el departamento de Rivas. Construida entre 1951 y 1953 y reconstruida entre 1995 y 1998, compuesta por dos carriles y hombros revestidos en ambas bandas. Como parte de la carretera Panamericana Sur (NIC-2), de acuerdo a la Clasificación Funcional del MTI se sitúa como una Troncal Principal, ya que sirve para desplazamientos de grandes longitudes, como tránsito interdepartamental e internacional con índice de viaje elevado, siendo la única vía pavimentada para la conexión con la frontera sur del país.

1.2 Antecedentes

En Nicaragua la construcción de carreteras se desarrolla a inicios del siglo XX, específicamente en la década de los cuarenta, fecha que inicia la modernización de la red vial del país con un crecimiento constante, hasta alcanzar a finales de los años sesenta una red vial consistente de 12,977 KM. Predominando los caminos de estación seca; es en este periodo que aparecen las primeras carreteras revestidas. Este crecimiento se ve frenado por diversos factores en la década de los ochenta y la falta de mantenimiento provocó altos niveles de deterioro eliminando muchos caminos de la red vial produciendo un descenso en 1984 de 18,137 Km. a 14,417km.

A lo largo del tramo de carretera Rivas-La Virgen se observan evidencias de que la carretera ha sido objeto de proyectos de mantenimiento: sello de grietas longitudinales, bacheo intensivo y sellos o tratamientos asfálticos, destacándose la colocación de revestimiento de refuerzo entre las estaciones 105+000 al 121+600, como parte de la gestión del Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV) en el 2010.

Para el año 2006 la red vial nacional quedo inventariada en 19,641.159 kilómetros, de los cuales 2,044.661 kilómetros son de asfalto, 394.168 adoquinados, 3,402.558 revestida, 6,662.300 de todo tiempo y 7,137.472 de estación seca.

En el año 2010, Nicaragua a través de los programas del FOMAV incursiona con el procedimiento de Reciclado en Frio o Asfalto Espumado, realizando la primer prueba en un tramo de medio (0.5) km entre la carretera Izapa – León. El procedimiento no se implementa por no obtener los resultados esperados en las pruebas de aplicación por parte del contratista (Constructora MECO) además de la falta de experiencia y conocimiento técnico del personal a cargo de la obra, razones que fundamentan la decisión de realizar un mantenimiento rutinario con mezcla asfáltica en caliente.

A partir del año 2013 el FOMAV pretende realizar el mantenimiento a 3,400 km; donde 700 km están conformados por caminos rurales, 780 km en adoquinado y 800 mil km de la red pavimentada incluyendo el tramo Rivas - La Virgen.

1.3 Justificación

El diseño de pavimentos de carreteras se realiza con el fin de obtener estructuras que respondan eficientemente ante las condiciones de tráfico actuales y futuras, condiciones climáticas, entre otras que igualmente están relacionadas con la vida útil del pavimento, así como brindar comodidad, seguridad, ahorro en tiempo y costos de operación del transporte.

En este trabajo se realizará una propuesta de mantenimiento de carretera tomando en consideración los estudios del tramo que permiten utilizar la técnica.

El mejoramiento del pavimento de esta carretera es de vital importancia, ya que se obtendrían los siguientes beneficios:

- ✓ Garantizar un buen acceso a la ciudad lo cual favorece la económica.
- ✓ Brindar mayor seguridad a los usuarios de la vía y población en general.
- ✓ Minimizar costos y tiempos de operación para el transporte de pasajeros y carga.
- ✓ Ahorro en costos de mantenimiento (bacheo, revestimiento, etc.) por las mejoras de la carretera.
- ✓ Mejora la comunicación con el resto del país.
- ✓ Turismo

Debido al atractivo turístico de Tola, San Jorge y San Juan del Sur, en los últimos años este sector ha crecido fuertemente.

Los atractivos naturales son la base del producto turístico y es interesante apreciar cómo estos se concentran en determinados territorios municipales, tanto en cantidad como en variedad. La mayor cantidad de ellos se encuentran en los municipios de Altagracia (ubicado en la Isla de Ometepe), en San Juan del Sur y en Tola.

Se consideran cuatro zonas turísticas:

- ✓ La franja costera: Está ubicada en los municipios de San Juan del Sur y Tola. Se incluye dentro de esta zona una franja de 5 kms. localizada frente a todo el litoral de Rivas. Tiene una concentración de 53 recursos naturales con significativo atractivo turístico.
- ✓ La cuenca del Lago de Nicaragua: La comprende toda la zona del lago, incluye los municipios de San Jorge, Cárdenas y Rivas, principalmente.
- ✓ La isla de Ometepe: Incluye los municipios de Altagracia y Moyogalpa. Ahí se encuentra la mayor variedad de recursos naturales identificados y un total de 25 recursos con potencialidad turística.
- ✓ La zona central: Se refiere al espacio de tierra ubicado entre la franja costera y la cuenca del lago. La vocación de esa tierra es mayoritariamente agrícola y ganadera; la variedad y cantidad de atractivos turísticos constituye apenas el 17% del total en el departamento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Elaborar propuesta de mantenimiento para el tramo de carretera Rivas - La Virgen, entre estación 105+000 al 121+600 (16.6 Km).

1.4.2. Objetivos Específicos:

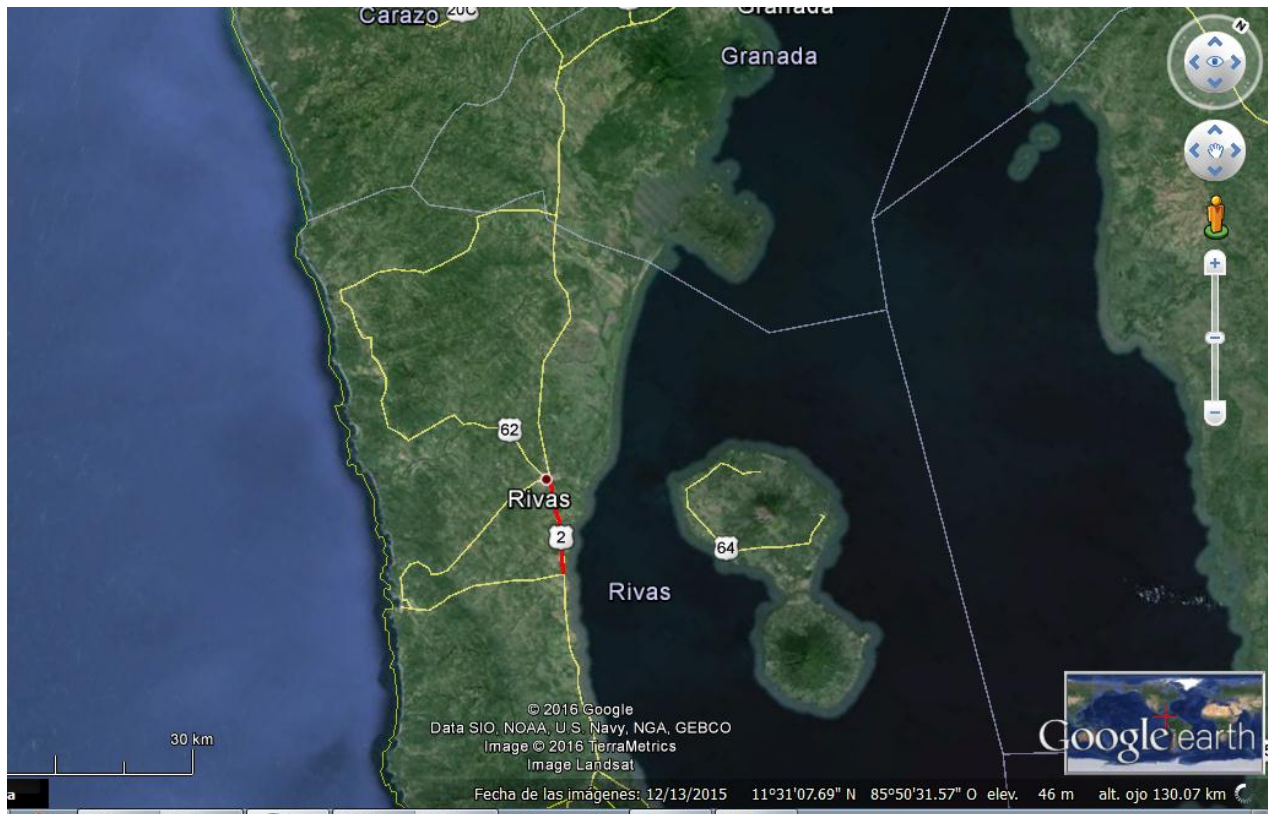
- ✓ Estimar el volumen, composición y proyecciones de tráfico en términos de ejes simples equivalentes (ESALs).
- ✓ Establecer deflexiones características por secciones de igual respuesta estructural con los datos de deflexiones medidas con Viga Benkelman del tramo en estudio.
- ✓ Clasificar y caracterizar los materiales en la estructura del pavimento y capas subyacentes.
- ✓ Verificar la capacidad de soporte in situ de las capas del pavimento e inferiores a éste.
- ✓ Determinar el nivel de deterioro de la vía y condiciones de servicio.
- ✓ Recomendar medida correctiva que debe ser considerada en la intervención.

1.5 Localización

El proyecto está ubicado en el Departamento de Rivas en la zona del Pacífico sur de Nicaragua, comunicando a la ciudad de Rivas con el Municipio de San Juan del Sur. La siguiente figura presenta la ubicación geográfica del proyecto.

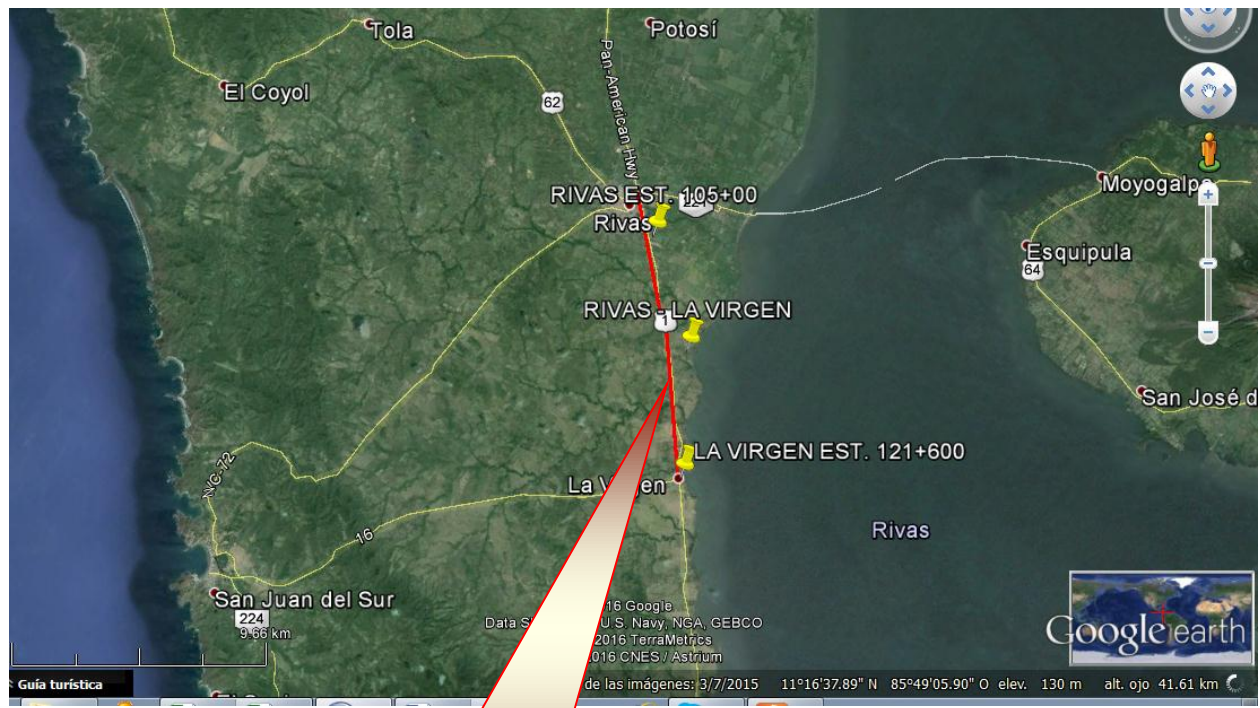
UBICACIÓN DEL PROYECTO

Macro Localización:



Fuente: Google Earth

Micro Localización:



Fuente: Google Earth

Proyecto: Rivas-La Virgen

1.6 Situación Actual de la Red Vial:

La Red Vial Nacional para el año 2014 está conformada por 24,137.5 KM de los cuales 3,653.38 KM son pavimentados y 20,484.1 KM son no pavimentados de acuerdo al Anuario Estadístico 2014 publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura. Estos datos que se obtienen de los conteos, nos proporcionan la información necesaria y suficiente para desarrollar mejor la planificación del transporte, así también para el diseño y mantenimiento de obras viales.

1.7 Áreas de Influencia

Área de influencia directa:

El área de influencia está asociada a los factores que influyen en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la obra.

El área de influencia directa corresponde a las posibles zonas de préstamo, zonas de maniobras de maquinarias y equipos, derecho de vía y áreas adyacentes al camino en que se realice actividades con el proyecto.

Área de influencia indirecta:

El área de influencia indirecta ésta asociada a las cuencas hidrográficas de los ríos que cruzan el camino, áreas adyacentes al camino y a las posibles incidencias socioeconómicas en el ámbito municipal y departamental que se den con la operación del proyecto. Dentro del Área de Influencia Indirecta se considera todos aquellos asentamientos que están conectados directamente al corredor y que sean generadores y/o receptores de tráfico a lo largo del corredor. Para ello se ha definido como área de influencia indirecta los territorios municipales de Rivas.

1.8 Descripción del Proyecto

El Proyecto consiste en la elaboración de una propuesta de mantenimiento para el tramo de carretera Rivas - La Virgen, entre las estaciones 105+000 al 121+600 (16.6 Km), ubicado en el departamento de Rivas, Nicaragua.

La propuesta de mantenimiento para el tramo de carretera y mejoramiento de la misma conservará el trazado original de su trayecto; introduciendo, sin lugar a duda, algunas mejoras muy mínimas en su alineamiento horizontal y vertical.

Esta ruta en la actualidad se clasifica como carretera Troncal Principal, con un ancho de calzada actual de seis metros 6.60 m con hombro revestido que varía de 0.50 m a 1.00 m a ambas bandas (Fuente: Informe técnico, Evaluación Estructural del Tramo de Carretera Nandaime-Rivas, Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A., ICC, año 2011).

Geología

El área de influencia directa, está dentro de la Provincia Geológica I, de la Costa del Pacífico pertenece al sistema Terciario Cretácico Mesozoico, Sedimentos, compuesta por las formaciones Brito y Rivas.

Formación Rivas

Esta formación se presenta en forma de una cinta alargada, con rumbo aproximadamente paralelo a la costa del Pacífico; extendiéndose desde la cercanías del paso Real Ochomogo hasta la frontera con Costa Rica, en una extensión de 62.5 Km. Su máxima extensión según SW-NE es de 13.5 Km.

Formación Brito

Es una de las formaciones sedimentarias más extensas del lado occidental de Nicaragua: Extendiéndose desde el Poblado de Villa El Carmen hasta internarse en la república de

Costa Rica; su extensión entre estos extremos, en el país es de 137 kilómetros aproximadamente, al SW-NE su extensión máxima es de 36.5 kilómetros en el área Nandaime, Río Escalante.

Topografía

La topografía es bastante regular, tenemos la planicie de Rivas con alturas inferiores a los 60 msnm, en el sector de El Coco 41 msnm, en los sectores conocidos como San Alejandro y Los Pochotes tienen una altura de 38 msnm y la Virgen a 37 msnm.

Geografía

Limita al norte con los municipios de Potosí, Buenos Aires y Belén, al sur con los de San Juan del Sur y Cárdenas, al este con el municipio de San Jorge y el Lago de Nicaragua, y al oeste con los municipios de Tola y San Juan del Sur.

Clima

El municipio tiene un clima semi húmedo (sabana tropical), la precipitación media anual varía entre los 1400 y 1500 mm caracterizándose por una buena distribución de las lluvias durante todo el año. La temperatura promedio es de 27 °C.

Predominan los vientos de dirección Nor-Este, Este, y Norte, con velocidades que varían entre 2.2 y 5.6 m/s; también existen vientos de menor frecuencia con dirección Sur - Este y velocidades entre 2.0 y 3.2 m/s.

CAPITULO II. ESTUDIO DE TRANSITO

2.1 Introducción

El análisis del tránsito representa uno de los factores esenciales para la determinación de espesores, tanto la cantidad como la composición del tráfico son determinantes para establecer las cargas a que estará sometido el pavimento en un periodo de diseño previamente establecido.

La determinación de los Volúmenes de Tránsito y su composición; a partir del inicio de operación de la vía hasta el año horizonte del proyecto es uno de los objetivos principales de este análisis, lo mismo que la cuantificación de los Ejes Equivalentes.

La proyección del tránsito se realiza analizando el comportamiento histórico de las variables que impactan los volúmenes de tránsito de forma directa, estas variables son el crecimiento económico, medido a través del Producto Interno Bruto (PIB), los crecimientos Sociales, medidos a través de los crecimientos Poblacionales, los consumos de combustibles cuantificados por medio de los combustibles consumidos por el sector transporte y mediante el parque automotor, conforme los registros de los vehículos que circulan por las carreteras del país.

2.2 Volúmenes de Tránsito

Se define volúmenes de tránsito, como el volumen de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un tiempo determinado (Mayor & Cárdenas 2007).

2.3 Clasificación de los Volúmenes de Tránsito

Tránsito Promedio Diario (TPD)

Se define como el volumen de tránsito durante un periodo de tiempo, dividido por el número de días del periodo.

Según el periodo utilizado para medir el volumen de tránsito el TPD puede ser anual, mensual o semanal, denominándose, **TPDA, TPDM y TPDS**, respectivamente.

Clasificación Vehicular

El Ministerio de Transporte e Infraestructura ha definido la clasificación vehicular en cuatro (4) categorías:

Motos: son vehículos autopropulsados de 2 ruedas, incluye todos los tipos de motocicletas tales como minimotos, cuadriciclos, taxi-motos, etc.

Vehículos Livianos: Son los vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen los Automóviles, jeeps, Camionetas, y Microbuses de uso particular con capacidad menor a 14 pasajeros.

Vehículos Pesados de Pasajeros: Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses de 15 hasta 30 pasajeros y los Buses medianos y grandes.

















Vehículos Pesados de Carga: Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen 6 o más ruedas en 2, 3, 4, 5 y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2), los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2) y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3).

Otros: se utiliza para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

Tipología Vehicular de Conteo de Tráfico

La oficina de diagnóstico y evaluación de pavimentos del Ministerio de Transporte e Infraestructura, para la realización de conteos vehiculares, usa la tabla siguiente para el análisis de los distintos tipos de vehículos que circulan por el país.

Tabla No.1 Tipología y Descripción Vehicular

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadriciclos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasejeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
VEHICULOS DE CARGA	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Dirección de Vialidad, MTI

2.4 Estaciones de Conteo Vehicular

Son lugares próximos a las carreteras principales de la red vial, (con o sin instalaciones físicas), donde se procede sistemáticamente a realizar aforos y clasificación de los vehículos que circulan por dichas carreteras.

Tipos de Estaciones

Estaciones Permanentes

Se llaman estaciones permanentes aquellas instalaciones físicas próximas de las carreteras de la red vial del país, donde se efectúan conteos de tránsito de 24 horas del día, los 365 días del año.

Para seleccionar estos sitios se toman en consideración entre otros factores:

- Importancia de la Carretera
- El flujo de Tránsito
- Visibilidad en ambos sentidos de la vía desde la estación

La importancia de los datos recopilados por este tipo de estaciones es fundamental, principalmente para expandir los conteos recopilados por los otros tipos de estaciones.

Estaciones de Control

Este tipo de estación, no necesariamente cuenta con instalación física (caseta); ubicadas igualmente en carreteras principales, donde se realizan conteo durante 48 horas consecutivas, lo que se repiten 4 veces al año.

Estaciones Sumarias

Realizan conteos y clasificación vehicular 2 veces al año, durante 48 horas consecutivas.

En todas estas estaciones se realizan además de los conteos la clasificación vehicular que consiste en discriminar los vehículos de acuerdo a requerimiento o propósito de los estudios.

Factores de Ajuste

Cuando no se dispone de los recursos humanos, recursos económicos, para realizar conteos volumétricos prolongado, cuando el factor tiempo es apremiante los factores de ajuste se convierten en importante recursos para expandir resultados de conteos rápidos.

2.5 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para obtener el TPDA, es necesario hacer uso de los factores de ajuste, factor de ajuste diario, el factor de ajuste semanal y factor de expansión de la estación 207, datos proporcionados por el MTI a través del anuario de aforo del año 2014, los cuales están dados en la tabla No.4.

Tabla No.2 TPDA año 2014

Camino: NIC-2	Estación: 207	Tramo: Rivas - La Virgen	Periodo: L	Días: 3	Horas:	Mes/Año: Noviembre 2014	Km: 121.600																										
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total																
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros															
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19		21															
TP(D)	474	845	226	498	75	14	143	197	70	21		356			0		16	2934															
Factor Día	1.40	1.40	1.41	1.31	1.24	1.51	1.28	1.27	1.56	1.59	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.17																
Factor Semana	0.99	0.95	0.96	0.92	0.95	0.84	1.03	0.88	0.99	0.93	1.00	0.88	1.00	1.00	0.95	1.03	1.02																
Factor Expansión	1.10	1.05	1.03	1.13	1.05	0.82	1.00	1.34	0.86	0.71	1.00	1.06	1.00	1.00	0.92	0.56	0.75																
TPDA Sep-Dic	728	1192	317	681	94	14	187	293	92	22		497					14	4131															
% TPDA	17.62	29	8	16	2	0	5	7	2	1		12					0	100															
% Vehiculos Livianos							73.25%							% Vehiculos Pesados							26.41%							0.34%			100.00%		

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2014, MTI

2.6 Proyección del Tránsito

Para proyectar el tránsito futuro tomando el tráfico base, se realiza un análisis del comportamiento histórico de variables socio-económicas como el producto interno bruto (PIB), crecimiento poblacional, consumo real de los derivados del petróleo y el TPDA de los años anteriores, tomando en cuenta que se analizó el historial de la estación 207 que opera la Dirección de Administración Vial del MTI, la cual tiene registros desde 1997.

Tasas de Crecimiento del PIB y Población

La tasa de crecimiento del PIB y de la Población, se toma el promedio de la serie histórica 1997-2014 de acuerdo a la tabla No. 5 que es de 3.89 % y 1.44 % respectivamente.

**Tabla No.3 Producto Interno Bruto (PIB) y Población de Nicaragua, Estudio
Comprendido entre los años 1997 al 2014**

AÑOS	PIB	Tasa de Crecimiento %	Población (en miles de habitantes)	Tasa de Crecimiento %
1997	23429,6	4	4843,9	
1998	24299,2	3,7	4932,1	1,8%
1999	26008,9	7	5016,9	1,7%
2000	27075,7	4,1	5098	1,6%
2001	27877,4	3	5173,9	1,5%
2002	28087,5	0,8	5244,7	1,3%
2003	28795,5	2,5	5312,7	1,3%
2004	30325,2	5,3	5380,5	1,3%
2005	31623,9	4,3	5450,4	1,3%
2006	32936,9	4,2	5522,6	1,3%
2007	33951,7	3,1	5595,5	1,3%
2008	34888,7	2,8	5668,9	1,3%
2009	34382,0	1,5	5742,3	1,3%
2010	35482,2	3,2	5923,1	3,1%
2011	37682,1	6,2	5996,6	1,2%
2012	39603,9	5,1	6071	1,2%
2013	41386,1	4,5	6134,3	1,0%
2014	43331,2	4,7	6198,11	1,0%

Fuente: Banco Central de Nicaragua Estadísticas Macroeconómicas 1960 al 2009 y 2008 al 2014

Consumo Real de los Derivados del Petróleo

De acuerdo a los datos consumo de los derivados pétreos de la Dirección General de Hidrocarburos (fuente: INE ente regulador), en el periodo de 1990 a 2001 experimentó una tasa de crecimiento del 6%.

Tabla No. 4 Consumo Nacional de los Derivados del Petróleo Periodo 1990 al 2001

AÑO	Consumo (Barriles)	Tasa de Crecimiento %
1990	4473192	
1991	4376224	-2%
1992	5044327	13%
1993	4981169	-1%
1994	5473244	9%
1995	5956850	8%
1996	6334009	6%
1997	6742381	6%
1998	7921734	15%
1999	8141563	3%
2000	8327029	2%
2001	8809037	5%

Fuente: Dirección General de Hidrocarburos (INE)

Comportamiento Histórico de la Estación Sumaria No. 207

Otra variable que debe tomarse en cuenta para la proyección del tránsito, es el comportamiento histórico del TPDA en el periodo comprendido de 1997 al 2014 de la estación No. 207 Rivas – La Virgen (NIC-2).

Tabla No. 5 Histórico TPDA Tramo Rivas –La Virgen (NIC-2) estación No. 207 periodo de 1997 al 2014

AÑO	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga							C3R3	TPDA
	Veh. Liv.	Jeep	Cmta	Mbuses	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	T3S2	T3S3	C2R2	C3R2		
1997	323	193	347	6	20	80	42	120	19	0	194	0	1	20	1365
1999	369	203	365	25	15	138	77	112	32	0	304	0	0	16	1657
2001	644	208	451	13	18	139	93	96	11	0	315	0	0	10	1997
2003	1006	174	518	22	14	138	100	117	21	4	459	0	0	14	2588
2006	1184	261	586	28	17	152	150	161	37	2	571	0	0	11	3160
2009	1314	324	521	33	30	147	186	83	11	1	487	0	0	11	3148
2011	1238	211	568	51	12	148	182	72	47	4	487	0	0	7	3027
2012	1142	216	523	37	35	155	175	63	27	17	437	0	0	10	2837
2014	1920	317	681	94	14	187	293	92	22	0	497	0	0	14	4131

Fuente: Dirección de Vialidad del MTI

A partir de los datos de la tabla No. 6 podemos calcular la tasa anual de crecimiento que comprende el periodo de 1997 al 2014, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_f = T_o (1 + i)^n \quad (\text{Pág. 26, Ingeniería de Pavimentos})$$

Donde:

T_f : Tránsito Final

i : Tasa de Crecimiento

T_o : Tránsito Inicial

n : Años

Despejando i , se obtiene:

$$i = \left(\frac{T_f}{T_o} \right)^{(1/n)} - 1; \text{ Sustituyendo valores, } i = \left(\left(\frac{4131}{1365} \right)^{\left(\frac{1}{17} \right)} - 1 \right) * 100 = 6.73 \%$$

2.7 Tasa de Crecimiento Vehicular (i)

Tomando en cuenta el comportamiento de las diferentes variables como el crecimiento poblacional, el producto interno bruto, consumo de los derivados del petróleo, el crecimiento vehicular del tramo en estudio, la importancia de la carretera y el desarrollo del país se concluye que para efectos de análisis se puede aplicar una tasa de crecimiento del 3.5%, la cual es una tasa más estable y compatible con el crecimiento económico del país en los próximo diez años.

Estimaciones de Tráfico

Las estimaciones de tráfico, tuvieron su base fundamental en los datos proveídos por los conteos y distribución de tráfico realizados por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), mediante la estación 207 del año 2014 y publicadas en el documento “Anuario de Aforos de Tráfico 2014”, de dominio público.

Proyección del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

La siguiente fórmula se empleará para estimar la proyección del tráfico al 2016:

$$T_n = T_0 * (1 + i)^n$$

Donde:

T_n : Tráfico proyectado (TPDA al año “n”).

T_0 : Tráfico en el año cero o tráfico inicial.

i : Tasa de crecimiento anual del tránsito ($i = 3.5\%$).

n : Periodo en años en el cual se está proyectando

Tabla No.6 Tráfico Proyectado (TPDA) Tramo Rivas- La Virgen

AÑO	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga							C3R3	TPDA
	Veh. Liv.	Jeep	Cmta	Mbuses	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	T3S2	T3S3	C2R2	C3R2		
2014	1192	317	681	94	14	187	293	92	22	0	497	0	0	14	3403
2015	1234	328	705	97	14	194	303	95	23	0	514	0	0	14	3522
2016	1275	339	729	101	15	200	314	98	24	0	532	0	0	15	3641

Fuente: Elaboración Propia

Calculo del Tránsito Proyectado (TPDA) al año 2016 para Vehículos Livianos

$$T = 1,192 * (1 + 0.035)^2 = 1,275$$

2.8 Tránsito de Diseño (TD)

El tránsito de diseño se presenta en la tabla No. 12, calculado a partir del tránsito inicial (TPDA para el año 2016), se determina para cada tipo de vehículo por medio de la siguiente ecuación:

$$TD = To * FC * FD * FCa$$

Donde:

TD: Transito de Diseño

FC: Factor de Crecimiento

To: Transito Inicial (TPDA año 2016)

FD: Factor Direccional

FCa: Factor de Distribución por Carril

Factor de Crecimiento

Determinado mediante la expresión:

$$FC = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Donde:

FC: Factor de Crecimiento *i*: tasa de crecimiento vehicular (*i* =3.5%)

n: periodo de diseño (*n*=10 años)**

** Este periodo es propuesto para el análisis de la vía, considerado a partir del año base 2016.

$$FC = 365 * \frac{(1 + 0.035)^{10} - 1}{0.035} = 4,282$$

Factor Direccional

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección.

Tabla No.7 Factor de Distribución por Dirección

NUMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	FACTOR DIRECCIONAL (%)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO, 1993.

Factor de Distribución por Carril

Se define por carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESALs, para un camino de dos carriles cualquiera puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla No.8 Factor de Distribución por Carril

NUMERO DE CARRILES EN UNA SOLA DIRECCIÓN	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL
1	1.00
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO 1993

Cálculo del Tránsito de Diseño para Vehículos Livianos

Haciendo uso de la ecuación:

$$TD = T_o * FC * FD * FCa$$

$$TD = 1,275 * 4,282 * 0.50 * 1.00 = 2729,775$$

Para realizar el cálculo de tránsito de diseño para los demás tipos de vehículos se empleará la misma fórmula. Los resultados se tabulan en la Tabla No. 12.

2.9 Ejes Equivalentes ESAL's

Para convertir a Ejes Equivalentes los Ejes de pesos normales de los vehículos considerados se debe obtener en primera instancia el número de repeticiones en toda la vida útil de cada tipo de vehículo que van a circular sobre el pavimento y dentro de cada tipo de eje, también se desglosa por peso del eje.

El ESAL's de diseño por cada tipo de vehículo, es determinado por la expresión:

$$\text{ESAL's} = \text{TD} \times \text{FE}$$

Donde:

ESAL's: Ejes equivalentes a 8.2 Ton en el periodo de diseño.

TD: Tránsito de Diseño

FE: Factor de Equivalencia (empleando tablas 45, 46 y 47 del anexo 3 XII, XIII, XIV).

Los factores de equivalencia utilizados, son los que han sido empleados en la determinación de la carga de tráfico (ESAL's) en otros proyectos de igual o mayor envergadura y se consideran los más adecuados al tipo de carga predominante en el país asumiendo un Número Estructural SN de 5 y Serviciabilidad Final P_t de 2.5 (Referencia AASHTO 93, Criterios de adopción de Niveles de Serviciabilidad) se adjunta tablas de los factores de equivalencia en anexo 3.(XVI,XVII,XVIII)

Calculo del ESAL's de Diseño Vehículo Livianos













Haciendo uso de la ecuación:

$$\text{ESAL's} = \text{TD} \times \text{FE}$$

$$\text{ESAL's} = 2729,775 * 0.00056 = 1,529$$

Para realizar el cálculo de los ESAL's de diseño para los demás tipos de vehículos se empleará la misma fórmula. Los resultados se tabulan en la Tabla No. 12. (Página No.41)

Tabla No.9 Diagrama de Cargas Permisibles, Pesos Máximos Permisibles por Tipo de Vehículo

Tipo de vehículo	Esquemas de los vehículos	Peso máximos autorizados						Peso máximo tota(1)Ton.m
		1er.Eje	2do.Eje	3er.Eje	4to.Eje	5to.Eje	6.Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.5					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.0				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16		16			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.5	9.00	4.00 a	4.00 a			21.50
		4.5	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.00 a	4.00 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R2		5.00	16.00		4.00 a	5.00 a	5.00 a	35.00
		5.00	8.00 a	8.00 b	6.5 b	5.00 a	5.00 a	37.50

Fuente: Dirección de Vialidad, MTI

A continuación en la tabla No. 10 se presentan los valores de ESAL's para cada tipo de vehículo en el año base 2016 y para un periodo de 10 años, excluyendo a las motos, aunque en la práctica solamente se toman en consideración los equipos de carga, este análisis considera también a los vehículos de pasajeros.

Tabla No. 10 ESAL's de Diseño Tramo de Carretera Rivas – La Virgen

TIPO DE VEHÍCULO	PESO POR EJE (Lb)	TRANSITO ACTUAL To	FACTOR DE CRECIMIENTO FC	FACTOR DIRECCIONAL	FACTOR CARRIL	TRANSITO DE DISEÑO TD	FACTOR ESAL	ESAL`s DE DISEÑO
Veh. Liv.	2200 s	1275	4282	0,5	1	2729775	0,00056	1529
	2200 s						0,00056	1529
Jeep	2200 s	339	4282	0,5	1	726205,79	0,00056	407
	2200 s						0,00056	407
Cmta	2200 s	729	4282	0,5	1	1560082,47	0,00056	874
	4400 s						0,0036	5616
Mbuses	4000 s	101	4282	0,5	1	215341,78	0,002	431
	6000 s						0,01	2153
MnBus	4000s	15	4282	0,5	1	32072,18	0,002	64
	6000 s						0,01	321
Bus	8000 s	200	4282	0,5	1	428392,69	0,034	14565
	18000 s						1	428393
C2 Liv.	6000 s	314	4282	0,5	1	671224,91	0,01	6712
	10000 s						0,088	59068
C2	11000 s	98	4282	0,5	1	210760,04	0,1385	29190
	22000 s						2,18	459457
C3	11000 s	24	4282	0,5	1	50399,14	0,1265	6375
	36300 d						1,4325	72197
T3S3	11000 s	532	4282	0,5	1	1138562,39	0,1265	144028
	35200 d						1,264	1439143
	44000 t						0,723	823181
C3R3	11000 s	15	4282	0,5	1	32072,18	0,1385	4442
	35200 d						1,264	40539
	8800 s						0,0556	1783
	11000 s						0,1385	4442
	11000 s						0,1385	4442
TOTAL						7794889		3551287

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III. ESTUDIO DE SUELOS

3.1 Introducción

Las propiedades de los suelos son fundamentales en mantenimiento de carreteras. Para conocer estas propiedades es necesario un muestreo muy amplio que abarque todo el trazado del proyecto, para luego ser sometidas a los diferentes ensayos y pruebas que nos darán las características y propiedades de los suelos existentes en el sitio.

Muchos de estos métodos están basados en principios Geotécnicos. El análisis de los estudios de suelos se realiza con el propósito de evaluar las características de los materiales que conforman la estructura del pavimento existente y sus espesores, y contar con la información básica necesaria para la determinación del tipo de tratamiento que debe implementarse.

En este capítulo se presentan los datos de las deflexiones, ensayos y laboratorios de suelos, así como los resultados de los análisis efectuados a lo largo del tramo de carretera Rivas - La Virgen. La información de las deflexiones, los ensayos de laboratorios y levantamientos de campo fueron proporcionados por la empresa consultora ICC (Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A.) y el FOMAV (Fondo de Mantenimiento Vial), para los fines propuestos.

3.2 Deflexiones

Los datos de deflexiones medidas en el 2011 y proporcionados por el FOMAV fueron procesados con la finalidad de determinar las secciones homogéneas de la carretera. A estas secciones que presentan valores similares de deflexión, dentro de ciertos niveles de dispersión, se les calcula la deflexión característica, la cual es aquella cuyo valor representa un cierto porcentaje de todos los valores de la sección.

Determinación de la Deflexión

Se entiende por deflexión a la deformación elástica que sufre un pavimento flexible bajo la acción de una carga rodante estándar. Mediante ella es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las solicitaciones del tránsito que lo utiliza. Las mediciones de deflexión se pueden realizar con un equipo portátil denominado Viga Benkelman o con el Deflectógrafo Lacroix.

Determinación de Secciones Homogéneas

El método que se emplea para calcular las secciones homogéneas es el de “Diferencias Acumulativas” de acuerdo a la Guía AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimento, Apéndice J. Los datos de las secciones homogéneas fueron suministrados por el ICC en el informe técnico del año 2011 “Evaluación Estructural del Pavimento de la Carretera Nandaime – Rivas”

Deflexión Característica o Deflexión Representativa (D_c)

Para el cálculo de la deflexión representativa existen varios criterios. En general, se considera que la deflexión representativa es igual a la deflexión media más dos veces de la desviación estándar de la sección, hace que, si el histograma de los valores individuales sigue una ley de distribución normal, el 97% de los valores individuales sea inferior a la deflexión característica.

$$D_c = (D + 2\sigma) * K * C$$

Donde:

D_c: Deflexión Característica o Representativa

D: Valor medio de la deflexión

σ: Desviación Estándar

K: Factor de ajuste de temperatura, K=1 para la temperatura de 20 °C

C: Factor de corrección por condiciones ambientales

Valor Medio de la Deflexión

$$D = \sum d/n$$

Donde:

d: valor individual de un ensayo

n: número de ensayos individuales

Desviación Estándar

$$\sigma = (\sum (d-D)^2/n-1)^{1/2}$$

Corrección de la Deflexión por Temperatura

Las deflexiones características deben referirse a una temperatura normal de 20 °C.

No se requiere corrección por temperaturas de pavimentos compuestos por un tratamiento superficial o mezclas asfálticas delgadas, colocadas sobre bases cuyo módulo de rigidez sea insensible a los cambios de temperatura.

Si las carpetas asfálticas son gruesas, el efecto de la temperatura sobre la deflexión posee mayor importancia, por lo que se ha recomendado aplicar algún factor de corrección, el cual se determina así:

$$D_c(20\text{ }^{\circ}\text{C}) = \frac{D_c(T)}{1 + 8 \times 10^{-4} h(T - 20)}$$

Donde:

$D_c(T)$: Deflexión característica de la sección, para la temperatura del pavimento en el momento del ensayo.

h : Espesor promedio de las capas asfálticas de la sección, en cm.

Expresión que es válida para temperaturas menores o iguales a 40 °C.

Corrección de la Deflexión por Condiciones Ambientales

Los valores de deflexión característica deberán afectarse por los siguientes valores:

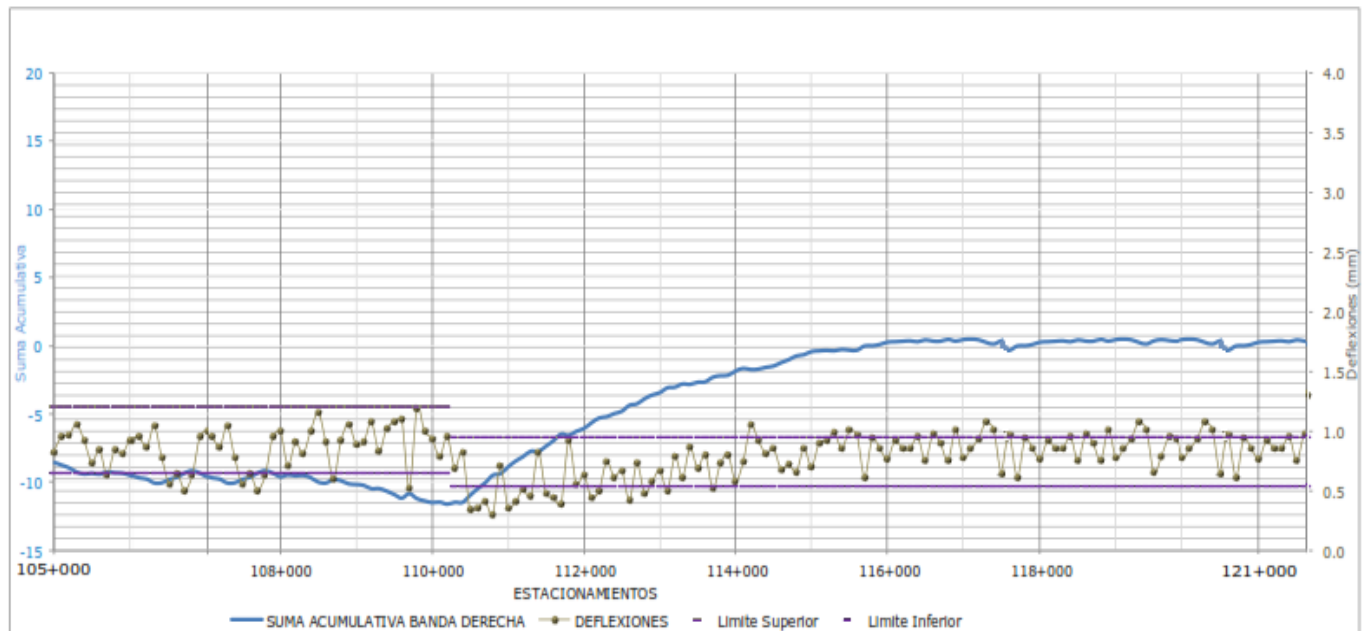
Tabla No. 11 Coeficientes de Corrección por Condiciones Ambientales

Naturaleza del suelo de subrasante	Coeficiente de corrección		
	Período lluvias	Período intermedio	Período seco
Suelos arenosos y permeables	1.0	1.0-1.1	1.1-1.3
Suelos arcillosos e impermeables	1.0	1.3-1.5	1.5-1.8

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras

En las gráficas siguientes se presentan las deflexiones y las secciones homogéneas por carril.

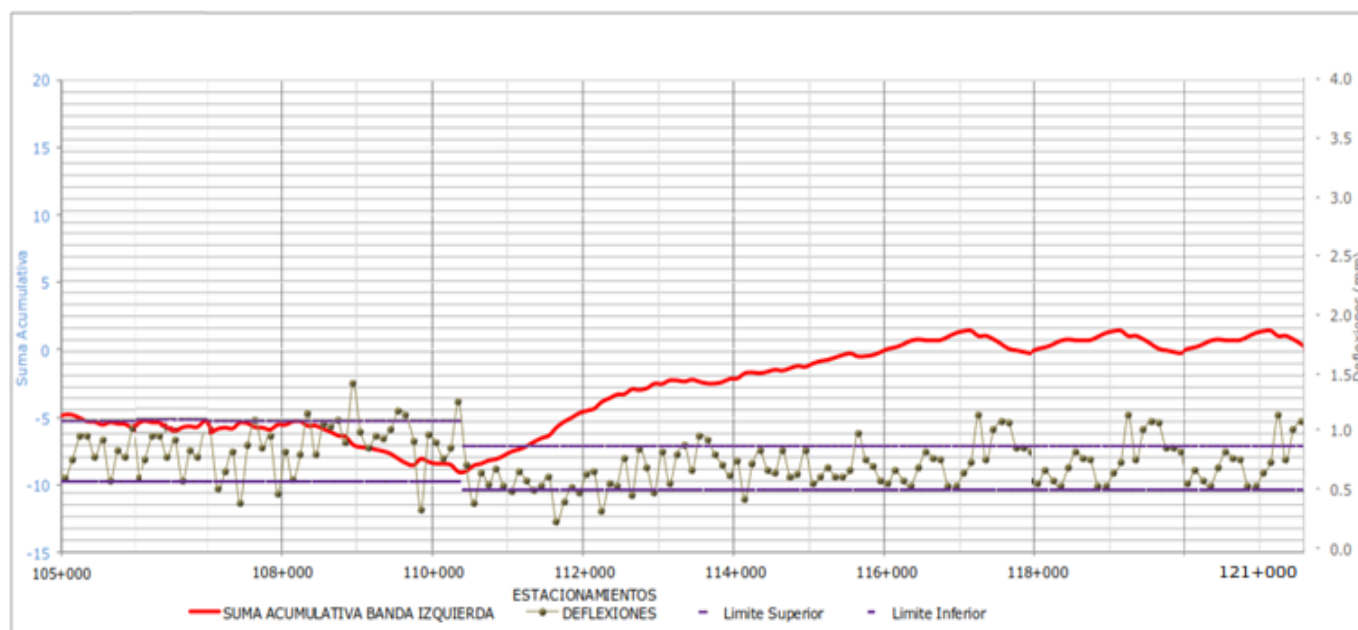
Gráfica No. 1 Deflexiones y Secciones Homogéneas Carril Derecho entre Estaciones 105+000 a 121+600



Fuente: Informe Técnico 2011, Ingenieros Consultores de Centroamérica, ICC.

Interpretación del Gráfico No.1: Estos datos corresponden a la banda derecha en la cual se observan dos secciones homogéneas con ciertos niveles de dispersión, la primera está entre las estaciones 105+000 y 110+200, con valores similares de deflexión con cierto nivel de dispersión, se encuentran entre el rango de 0.65 mm y 1.20 mm, la segunda sección homogénea entre las estaciones 110+200 y 121+600, con deflexiones medidas que se encuentran entre el rango de 0.53 mm y 0.96 mm.

Grafica No. 2 Deflexiones y Secciones Homogéneas Carril Izquierdo entre Estaciones 105+000 a 121+600



Fuente: Informe Técnico 2011, Ingenieros Consultores de Centroamérica, ICC.

Interpretación del Grafico No.2: Estos datos corresponden a la banda izquierda en la cual se observan dos secciones homogéneas con ciertos niveles de dispersión, la primera está entre las estaciones 105+000 y 110+300, con valores similares de deflexión, se encuentran entre el rango de 0.60 mm y 1.20 mm, la segunda sección homogénea entre las estaciones 110+300 y 121+600, con deflexiones medidas que se encuentran entre el rango de 0.50 mm y 0.90 mm.

Los resultados de mediciones de deflexiones para cada carril se resumen en las siguientes tablas. Se muestra la división de los resultados de deflexión para todo el carril en secciones uniformes. También se muestra el cálculo de la deflexión característica, partiendo de la deflexión promedio para cada sección uniforme.

Tabla No. 12 Análisis de Deflectometría Banda Derecha

Sección Uniforme			Deflexión (mm)	
Desde Est.	Hasta Est.	Longitud (km)	Promedio (D)	Desv. Estándar (σ)
105+000	110+200	5,2	0,92	0,28
110+200	121+600	11,4	0,73	0,21

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 13 Análisis de Deflectometría Banda Izquierda

Sección Uniforme			Deflexión (mm)	
Desde Est.	Hasta Est.	Longitud (km)	Promedio (D)	Desv. Estándar (σ)
105+000	110+350	5,35	0,85	0,25
110+350	121+600	11,25	0,70	0,18

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 14 Deflexiones Predominantes, con K = 1 y C = 1

Inicio de Estación	Final de Estación	Longitud (Km)	Deflexión Característica (Dc) mm
105+000	110+200	5,2	1,48
110+200	121+600	11,4	1,15

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de la Deflexión Característica o Deflexión Representativa (Dc)

Haciendo uso de la ecuación:

$$D_c = (D + 2\sigma) * K * C; \text{ para } K = 1 \text{ y } C = 1$$

Para la sección homogénea 105+000 – 110+200 (banda derecha)

$$D_c = (0.92 + 2*0.28) * 1 * 1 = 1.48 \text{ mm}$$

Para la sección homogénea 110+200 – 121+600 (banda derecha)

$$D_c = (0.73 + 2*0.21) * 1 * 1 = 1.15 \text{ mm}$$

Secciones Homogéneas (Deflexión Predominante)

Estación	105+000	110+200	121+600
Longitud del tramo (Km)	5,2	11,4	
Deflexión Característica (mm)	1,48	1,15	

3.3 Refuerzo de la Estructura de Pavimento

La Guía AASHTO 1993 presenta varias opciones, para la determinación de la capacidad estructural del pavimento como objetivo principal de la evaluación estructural.

La Parte III de la Guía, contiene los “Procedimientos de Diseño para la Rehabilitación de Pavimentos Existentes”. En los Capítulos 3 y 5 de la Guía AASHTO, “Guía para la Colección de Datos de Campo” y “Métodos de Rehabilitación con Re-capas”, se detallan procedimientos para la determinación de unidades de análisis, muestreos y ensayos de materiales y mediciones no destructivas (Non Destructive Testing, NDT). Las mediciones no-destructivas, como lo expresa la Guía, son extremadamente útiles para determinar directamente la capacidad estructural efectiva del pavimento existente.

En el Capítulo 3, Parte III (3.5) de la Guía se exponen dos criterios para interpretar los resultados de medición de deflexiones con Viga Benkelman. Uno de los criterios corresponde a la gráfica del Instituto del Asfalto que relaciona la deflexión de rebote medida (rebound deflection) con el número de repeticiones permisibles (ESAL). Sin embargo, como explica la Guía, existen trabajos de investigación que relacionan no solamente la deflexión elástica sino también el radio de curvatura de la deformada bajo el pavimento, para evaluar la capacidad estructural del pavimento. De ahí que se recomienden criterios de deflexión-repeticiones-desempeño desarrollados por agencias líderes en pavimentos (CK Kennedy and NW Lister, TRRL, 1978).

Los gráficos que correlacionan la vida del pavimento con los espesores de pavimento, son diferentes dependiendo de los materiales que constituyen la capa de base. Por esa razón, el gráfico utilizado para interpretar los resultados del presente proyecto corresponde a aquel cuando la base es granular (granular road bases).

Grafico No. 3 Diseño de Recapas Metodo AASHTO

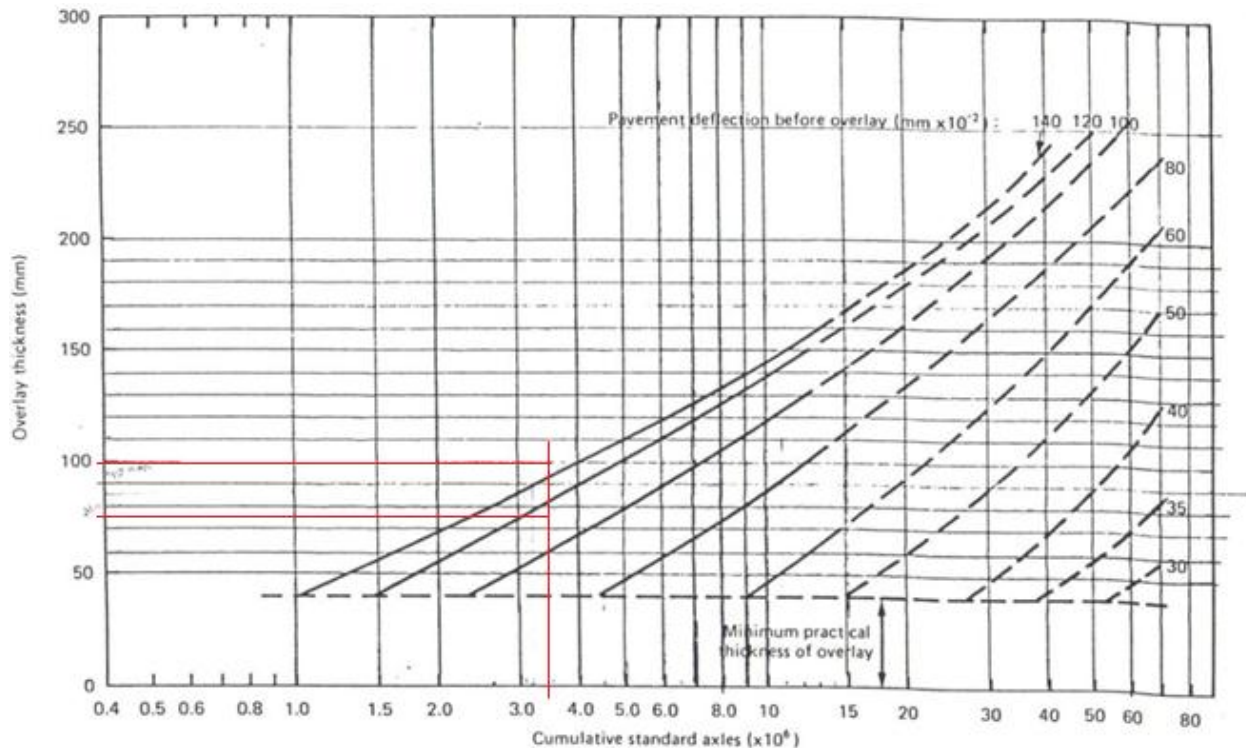


Fig. 16 OVERLAY DESIGN CHART FOR PAVEMENTS WITH NON-CEMENTING GRANULAR ROAD BASES (0.50 PROBABILITY)

Fuente: Informe Técnico ICC, TRRL Laboratory Report 833. Prediction of pavement performance and the design of overlays. (C K Kennedy and N W Lister).

Del gráfico anterior es posible diseñar los espesores de capa, dependiendo del ESAL's de diseño y la deflexión característica calculada, para cada una de las secciones homogéneas.

En el gráfico No. 3 se observa el valor ESAL's de diseño calculado (Tabla No. 9 de la página 30) Versus las Deflexiones Características predominantes, (Tabla No. 13 de la página 38), dando como resultado los espesores de recapa por cada sección homogénea. Los espesores de recapa para cada sección pueden encontrarse en la tabla No. 17.

Tabla No. 15 Espesores de Recapa por cada Sección.

Tramo		Deflexión Característica (Dc)	Espesor de Recapa (mm)
Inicio	Fin		
105+000	110+200	1,48	100
110+200	121+600	1,15	75

Fuente: Elaboración Propia

Refuerzo Estructural

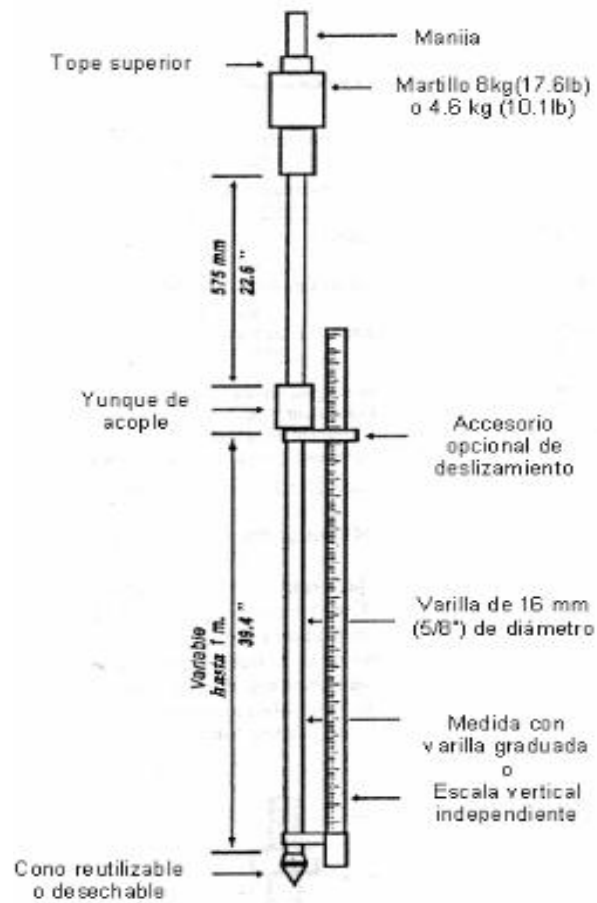
Estación	105+000	110+200	121+600
Longitud del tramo (Km)	5,2	11,4	
Refuerzo Estructural (mm)	260	230	

Los resultados de espesores de refuerzo obtenidos por el método y establecidos por las deflexiones características y ESAL's de diseño, deben ser asociados con los ensayos adicionales realizados (Núcleos, DCP, Calicatas). De esta forma se obtendrá una solución más integral para la condición del pavimento, ya que la colocación de una recapa sobre una superficie que presente agrietamientos severos o inestabilidades en la base, no aportaría el refuerzo adecuado para la prolongación de vida estimada.

3.4 Capacidad Soporte In-situ

Como complemento a la determinación de deflexiones, es conveniente determinar la capacidad soporte de las capas que conforman el pavimento e inferiores a estas. Para este fin, se consideró que el método más adecuado y rápido, así como menos destructivo, es la determinación de capacidad soporte in-situ por medio del ensayo de Penetrómetro de Cono Dinámico, mejor conocido por sus siglas en inglés DCP.

Figura No. 1 Penetrómetro de Cono Dinámico



Fuente: Instituto Nacional de Vías, método de ensayo para el uso de Penetrómetro

Los ensayos fueron realizados siguiendo la metodología establecida en la norma ASTM D 6951, retirando previamente la carpeta de rodamiento (sitio donde se extrajeron núcleos), lo que permitió realizar el ensayo directamente sobre la capa de base. De esta forma fueron realizados 15 ensayos con una frecuencia 500 m, alternando las bandas, con el fin de cubrir todo el tramo. En aquellos casos en los que el punto caía sobre alguna estructura de drenaje, se procedió a reubicar el sitio del ensayo, tratando de moverse únicamente lo justo para salvar el obstáculo y así mantener al máximo posible la frecuencia establecida y obtener la representatividad de los datos en la sección.

Una vez registrados los datos (número de golpes y profundidad penetrada), estos fueron procesados empleando el software de dominio público UKDCP, generado por el TRL (Transport Research Laboratory, Gran Bretaña) y disponible en su página Web. De forma general el procesamiento de estos datos permite, sobre la base del Número de Golpes y la penetración, mediante ecuaciones de correlación, inferir la capacidad de soporte CBR (California Bearing Ratio) de cada capa. La diferencia en CBR entre una capa y la otra, se relaciona normalmente con diferentes densidades o niveles de humedad en un mismo material, o diferentes tipos de materiales en cada capa, la tabla No. 15 y 16 nos dan valores de referencia para el análisis.

Tabla No. 16 Valores de Referencia de CBR, Usos y Suelos

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A5, A6,A7
3 – 7	Muy pobre a regular	Sub rasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 – 20	Regular	Sub base	OL,CL,ML,SC,S M,SP	A2,A4,A6,A7
20 - 50	Bueno	Sub base y base	GM,GC,SW,SM, SP,GP	A-1b,A2-5, A-3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a,A2-4,A-3

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Mc Graw-Hill Book

Los resultados obtenidos de los 15 ensayos se presentan desde la tabla No. 26 hasta la No. 37 y se incluyen en el anexo, en las que se indican los valores de CBR de las capas hasta un máximo de 1 m, por debajo de la rasante. De forma general se observa que en la mayoría de los sitios no se logró penetrar más allá de 800 mm, debido a la dureza de la capa de base; también se determinaron algunos puntos en los que se obtienen bajos valores de CBR en las capas analizadas, los que requirieron especial atención y ensayos adicionales; en los puntos restantes se obtuvieron valores de capacidad soporte satisfactorios.

Tabla No. 17 Clasificación del Suelo de acuerdo al CBR

CB R	CLASIFICACION
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Mc Graw-Hill Book

3.5 Sondeos (Calicatas)

Se realizaron un total de siete sondeos o calicatas. Para su realización se determinó la ubicación de ellos, utilizando como criterios de localización aspectos tales como el deterioro observado, resultados de CBR obtenidos con los ensayos de DCP (incluyendo algunos puntos en los que el DCP no penetró), con el fin de conocer los materiales de la estructura del pavimento y debajo de ésta. Aunque con el DCP se infiere la capacidad de soporte de las capas, es necesario conocer la clasificación de los materiales en la estructura, las tablas No. 17, 18 y 19 se utilizan en este procedimiento para clasificar las capas del pavimento según AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), de cuyo comportamiento depende el desempeño del pavimento. Esta información contribuye a la identificación de causas de falla y a la determinación de medidas correctivas y preventivas.

Tabla No. 18 Sistema de Clasificación de Suelos según AASHTO

Clasificación general		Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasan por la malla no. 200)						
		A-1			A-2			
Clasificación del grupo		A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-12-6	A-2-7
Análisis por cribas (%)								
Malla no. 10		50 máx						
Malla no. 40		30 máx	50 máx	51 mín				
Malla no. 200		15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa la malla no. 40								
Límite líquido (LL)					40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (PI)		6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Calificación de la capa		Excelente a buena						

Clasificación general		Materiales de lodo y arcilla (Más del 35% de la muestra total pasa por la malla no. 200)			
Clasificación del grupo		A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Análisis por cribas (%)					
Malla no. 10					
Malla no. 40					
Malla no. 200		36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Para la fracción que pasa la malla no. 40					
Límite líquido (LL)		40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (PI)		10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Calificación de la capa		Regular a pobre			

^a Si $PI \leq LL - 30$, es un A-7-5.

^b Si $PI > LL - 30$, es un A-7-6.

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones

Tabla No. 19 Nombres de Grupos de Suelos de Grano Grueso Basados en ASTM D-2487

Símbolo de grupo	Criterios		Nombre del grupo
	Fracción de grava (%)	Fracción de arena (%)	
GW		<15	Grava bien graduada
		≥15	Grava bien graduada con arena
GP		<15	Grava mal graduada
		≥15	Grava mal graduada con arena
GM		<15	Grava limosa
		≥15	Grava limosa con arena
GC		<15	Grava arcillosa
		≥15	Grava arcillosa con arena
GC-GM		<15	Grava arcillo limosa
		≥15	Grava arcillo limosa con arena
GW-GM		<15	Grava bien graduada con limo
		≥15	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC		<15	Grava bien graduada con arcilla
		≥15	Grava bien graduada con arcilla y arena
GP-GM		<15	Grava mal graduada con limo
		≥15	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC		<15	Grava mal graduada con arcilla
		≥15	Grava mal graduada con arcilla y arena
SW	<15		Arena bien graduada
	≥15		Arena bien graduada con grava
SP	<15		Arena mal graduada
	≥15		Arena mal graduada con grava
SM	<15		Arena limosa
	≥15		Arena limosa con grava
SC	<15		Arena arcillosa
	≥15		Arena arcillosa con grava
SM-SC	<15		Arena arcillo limosa
	≥15		Arena arcillo limosa con grava
SW-SM	<15		Arena bien graduada con limo
	≥15		Arena bien graduada con limo y grava
SW-SC	<15		Arena bien graduada con arcilla
	≥15		Arena bien graduada con arcilla y grava
SP-SM	<15		Arena mal graduada con limo
	≥15		Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	<15		Arena mal graduada con arcilla
	≥15		Arena mal graduada con arcilla y grava

Nota: Fracción de arena = por ciento de suelo que pasa la malla no. 4 pero se retiene sobre la malla no. 200 = R_{200}
- R_4 ; fracción de grava = por ciento de suelo que pasa la malla de 3 pulg pero se retiene en la malla no. 4 = R_4 .

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones

**Tabla No. 20 Nombres de Grupos de Suelos de Grano Fino Inorgánicos Basados en
ASTM D-2487**

		Criterios				
Símbolo de grupo	R_{200}	Fracción de arena	Fracción de grava	Fracción de grava	Fracción de arena	Nombre del grupo
		Fracción de grava				
CL	<15					Arcilla delgada
	15 a 29	≥ 1				Arcilla delgada con arena
		<1				Arcilla delgada con grava
	≥ 30	≥ 1	<15			Arcilla delgada arenosa
		≥ 1	≥ 15			Arcilla delgada arenosa con grava
		<1		<15		Arcilla delgada con mucha grava
ML		<1			≥ 15	Arcilla delgada con mucha grava y con arena
	<15					Limo
	15 a 29	≥ 1				Limo con arena
		<1				Limo con grava
	≥ 30	≥ 1	<15			Limo arenoso
		≥ 1	≥ 15			Limo arenoso con grava
CL-ML		<1			<15	Limo con mucha grava
		<1			≥ 15	Limo con mucha grava y con arena
	<15					Arcilla limosa
	15 a 29	≥ 1				Arcilla limosa con arena
		<1				Arcilla limosa con grava
	≥ 30	≥ 1	<15			Arcilla limosa arenosa
CH		≥ 1	≥ 15			Arcilla limosa arenosa con grava
		<1		<15		Arcilla limosa con mucha grava
		<1		≥ 15		Arcilla limosa gravosa con arena
	<15					Arcilla gruesa
	15 a 29	≥ 1				Arcilla gruesa con arena
		<1				Arcilla gruesa con grava
MH	≥ 30	≥ 1	<15			Arcilla gruesa arenosa
		≥ 1	≥ 15			Arcilla gruesa arenosa con grava
		<1		<15		Arcilla gruesa con mucha grava
		<1		≥ 15		Arcilla gruesa con mucha grava y con arena
	<15					Limo elástico
	15 a 29	≥ 1				Limo elástico con arena
		<1				Limo elástico con grava
	≥ 30	≥ 1	<15			Limo elástico arenoso
		≥ 1	≥ 15			Limo elástico arenoso con grava
		<1		<15		Limo elástico con mucha grava
		<1		≥ 15		Limo elástico con mucha grava y con arena

Nota: R_{200} = por ciento de suelo retenido en la malla no. 200; fracción de arena = por ciento de suelo que pasa la malla no. 4 pero se retiene en la malla no. 200 = $R_{200} - R_4$; fracción de grava = por ciento de suelo que pasa la malla de 3 pulg pero se retiene en la malla no. 4 = R_4 .

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones

Los resultados completos de los sondeos (calicatas), se incluyen en el anexo. Estos resultados muestran que a profundidades de hasta 100 cm, se encontraron materiales con Índice de Plasticidad (IP) ≤ 12 (el límite máximo requerido por algunas especificaciones técnicas para los materiales de relleno seleccionado). Dada la construcción en relleno de la mayor parte de la carretera estudiada, estos resultados indican claramente que se trata de materiales de relleno, lo cual podría indicar que existe una protección de la subrasante relativamente adecuada. Sin embargo, en los sondeos del No. 04 hasta el No. 07 los materiales por debajo de los 100 cm corresponden a arcillas tipo A-7-6 (anexo 2, tablas No. 41 hasta la No. 44).

Los sondeos realizados sobre grietas longitudinales (estaciones 108+500 y 109+500 banda izquierda, fotografías en anexos), revelan que la estructura es atravesada en todo su espesor incluyendo el terraplén, lo que demuestra que el origen de ésta no es vinculado a la fatiga del pavimento o problemas constructivos y corresponde más con la actividad de las arcillas de la subrasante, asociada a cambios volumétricos causados por variaciones en la humedad de los materiales. En su mayoría este tipo de grietas se observan en los hombros, los que resultan más susceptibles a los movimientos y cambios volumétricos del talud, por la exposición a la humedad, sobre todo en sitios en los que, por el drenaje deficiente y la topografía misma, se producen estancamientos del agua al pie del talud y en las cercanías del hombro de la carretera.

CAPITULO IV. DIAGNOSTICO Y PROPUESTA

4.1 Introducción

Conforme el análisis e interpretación de los datos obtenidos, así como la correlación entre éstos, fue posible diagnosticar la condición estructural del pavimento del tramo en estudio, en las condiciones de servicio predominantes que, además del tráfico, promueven el deterioro del pavimento.

4.2 Diagnóstico

A continuación se exponen las consideraciones más importantes relativas a la condición del pavimento.

- ✓ Los niveles de respuesta del pavimento a las sollicitaciones de carga generadas por el tráfico, presentan variaciones en todo el tramo, con cambios notables de forma puntual en cuanto a daños propiciados por agentes externos ajenos a la fatiga. Dentro de estos se destaca la actividad del movimiento de expansión-contracción de los suelos arcillosos de la subrasante, provocado por los cambios de humedad.
- ✓ Al comparar los núcleos extraídos con las deflexiones medidas, se observa que la variabilidad de la respuesta estructural del pavimento, coincide en buena medida con la variación en los espesores de mezcla asfáltica encontrados en el tramo. Se confirma cierta proporcionalidad inversa entre deflexiones y espesores: los sitios con menores deflexiones coinciden con mayores espesores de mezcla asfáltica.
- ✓ Considerando que el origen de las grietas longitudinales localizadas en los hombros, tienen su origen en la actividad de los suelos de la subrasante, las medidas que se recomiendan son de tipo paliativo (moderadas), ya que medidas más durables y definitivas conllevan actividades de reconstrucción, probablemente no solo del pavimento sino de las capas subyacentes, en la mayoría de los casos observados.
- ✓ Del análisis de deflexiones se definieron 2 secciones homogéneas, con deflexiones características (representativas) que van desde 1.15 mm hasta 1.48 mm. Considerando el tráfico estudiado y estos valores de deflexión, la vía se encuentra en una condición crítica o cercana a ésta, lo que se traduce en una corta vida útil remanente en términos de repeticiones o paso de vehículos pesados (ESAL's). Esto

establece la necesidad de refuerzos estructurales de espesor considerables, más las actividades adicionales necesarias (reparaciones) previas a su colocación.

- ✓ La falta de información sobre el diseño original de la carretera, no permitió determinar si el nivel de fatiga observado se ha alcanzado prematuramente, ya sea por un incremento en el tráfico real respecto al estimado, o por consideraciones de diseño (baja confiabilidad estadística, por ejemplo) para obtener espesores de pavimento menores a los determinados con parámetros más conservadores. Una tercera posibilidad es que el diseño original haya sido realizado para un período similar a la edad actual del pavimento.

4.3 Propuesta de Mantenimiento del tramo de Carretera

Recomendaciones Técnicas

En esta sección, se recomiendan las actividades de mantenimiento a llevar a cabo, de conformidad a la evaluación realizada, indicando, en la medida de lo posible, el sitio de su ejecución referida a los postes de kilómetros existentes en el tramo. De igual forma se indican las especificaciones técnicas generales y particulares.

Actividades a Realizar

Sello de Fisuras y Grietas en Pavimentos Asfálticos: Esta actividad se aplicará en aquellas grietas o fisuras longitudinales y/o transversales no mayores a 12 mm de ancho, con el fin de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua a las capas inferiores del pavimento, evitando de esta forma la evolución del daño a grietas piel de cocodrilo y consecuentemente la formación del bache.

Esta actividad no debe aplicarse en grietas que formen bloques interconectados, tipo piel de cocodrilo, cuando existan deformaciones en las grietas que muestran daños en la base del pavimento o el deterioro de la superficie sea excesivo o muestren áreas significativas de bacheo.

Bacheo Superficial de Pavimentos Asfálticos: Esta actividad podrá realizarse tanto con mezcla en frío como en caliente, con preferencia de esta última, siempre y cuando se consideren los controles adecuados a este tipo de mezcla, sin embargo los resultados obtenidos son mucho más beneficiosos que con mezcla en frío. Se empleará para corregir, aquellas zonas puntuales que presenten agrietamiento severo tipo piel de cocodrilo, así como la desintegración parcial o total de la carpeta de rodamiento y en aquellas zonas en las que se realizará la reparación de áreas de falla, para reponer la carpeta de rodamiento.

No se aplicará en aquellas secciones que presenten agrietamiento generalizado de la carpeta o excesiva deformación en ahuellamientos o asentamientos.

Tabla No. 21 Ubicación de Bacheo Superficial

Estación	
Inicio	Fin
105+000	114+000

Fuente: Elaboración Propia

Reparación de áreas de falla (Sin reposición de carpeta): Se ejecutará en aquellas zonas que por cualquier razón (contaminación, agua circundante, material inadecuado, reparaciones mal ejecutadas, etc.) presentaban problemas de inestabilidad de manera puntual a lo largo de la carretera, o en aquellos casos puntuales en que se determinen deformaciones por fatiga de la base o grietas de ancho superiores a los 25 mm cuya profundidad atraviese las capas inferiores, características de grietas por variaciones volumétricas en los suelos, normalmente localizadas en los hombros.

Esta actividad no se recomienda cuando el área de las zonas a intervenir evidencie que el daño es generalizado y requiera de acciones mayores y más integrales.

Al igual que con el bacheo superficial, se estiman cantidades por kilómetro basados en el nivel de deterioro establecido por secciones, tal y como se indica a continuación.

Tabla No. 22 Ubicación de Reparación de Áreas de Falla

Estación	
Inicio	Fin
105+000	114+000

Fuente: Elaboración Propia

Reciclaje en Frío de Pavimentos Asfálticos: Esta actividad se aplicará en aquellas áreas de magnitud considerable, cuyo agrietamiento presente alta severidad y sea posible la reutilización de los materiales para que, con la ayuda de la incorporación de materiales estabilizantes (asfalto espumado y cemento), se logre un incremento de la capacidad estructural de la capa. Puede ser aplicada en todo el espesor de la carpeta, en parte de ella o tomando parte del material de base. Sin embargo, en las secciones propuestas a reciclarse se ha considerado únicamente un espesor de 80 mm que, según los núcleos extraídos, es igual o menor al espesor de mezcla existente.

Se estima que esta actividad se aplicará en las cantidades y ubicaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No. 23 Ubicación de Reciclaje en Frío del Pavimento Asfáltico

Estación		Longitud (m)	Ancho de Rodamiento (m)	Espesor (mm)	Área (m2)
Inicio	Fin				
114+000	121+600	7,000.00	6.60	80.00	46,200,00

Fuente: Elaboración Propia

Riego de Liga: Se aplicará en los mismos sitios en que se coloque carpeta asfáltica, con el fin de lograr la adherencia entre la capa a colocar y la superficie existente, logrando así la integridad de la estructura. Las intensidades de riego son definidas en las especificaciones y éstas varían de acuerdo a la superficie sobre la cual se aplique.

Tabla No. 24 Ubicación de Riego de Liga

Estación		Longitud (m)	Ancho de Rodamiento (m)	Área (m2)
Inicio	Fin			
105+000	121+600	16,600.00	6.60	109,560,00

Fuente: Elaboración Propia

Colocación de Capa Asfáltica de Refuerzo en Caliente: Será aplicada en toda la superficie, posterior a las actividades de reparación de daños, con el fin de brindar un refuerzo al pavimento. El espesor, que define las cantidades, fueron definidos en base a los niveles de daños en cada sección, predominantemente definidas por las deflexiones características de las secciones homogéneas. Estos volúmenes son definidos a continuación.

Tabla No. 25 Ubicación y Volúmenes de Capa Mezcla Asfáltica

Estación		Longitud (m)	Ancho de Rodamiento (m)	Espesor (mm)	Volumen (m3)
Inicio	Fin				
105+000	110+200	5,200.00	6.60	100.00	3,432.00
110+200	121+600	11,400,00	6.60	75.00	5,643.00

Fuente: Elaboración Propia

Reconformación de Cunetas sin Revestir: Se realizará en aquellas zonas en que se estanque el agua, con el fin de encausarlas y permitir su libre circulación hacia elementos de drenaje para su evacuación. Las cantidades a ejecutar se estiman en 10 km de cunetas a conformar.

Especificaciones Generales

Basados en que las actividades serán relativamente ligadas al mantenimiento periódico de la vía, las especificaciones generales que regirán la realización de estas obras serán las contenidas en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial, Edición 2010, del SIECA. De manera complementaria o supletoria (indicado en especificaciones especiales), se empleará lo contenido en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Calles y Puentes (NIC 2000) Última Edición, así como en el Manual de Reciclado en Frío de Wirtgen, II Edición, Noviembre 2004. Las secciones específicas para cada actividad se definen a continuación.

Tabla No. 26 Especificaciones Generales

Actividad	Especificación
Sello de fisuras y grietas en pavimentos asfálticos	SIECA Sección 301
Reparación de áreas de falla (sin reposición de carpeta)	SIECA Sección 302
Bacheo superficial de pavimentos asfálticos	SIECA Sección 303
Colocación de capa asfáltica de refuerzo en caliente	SIECA Sección 304
Riego de imprimación	SIECA Sección 307
Riego de liga	SIECA Sección 309
Reciclaje en frío de pavimentos asfálticos	SIECA Sección 313
Reconformación de cunetas sin revestir	SIECA Sección 805
Elaboración de mezclas asfálticas en frío	SIECA Sección 1051
Elaboración de mezclas asfálticas en caliente	SIECA Sección 1052
Agregados, suelos y roca	NIC 2000 Sección 1003

Fuente: Informe Técnico ICC

Especificaciones Especiales (Particulares)

A continuación se definen los detalles en los que las especificaciones generales se modifican, complementan o simplemente se individualizan al proyecto en cuestión. Por otro lado, se incluyen los detalles generales y especiales de aquellas actividades particulares al proyecto, que no posean una especificación en alguno de los manuales mencionados.

Sello de fisuras y grietas en pavimentos asfálticos: Se modifica la subsección 301.02 en lo relativo al material a utilizar, el que será un sellador mono componente, aplicado en caliente, a base de asfalto modificado con polímeros suplido en estado sólido, del tipo CRAFCO POLYFLEX TYPE 3 o similar aprobado, formulado para climas tropicales. La aplicación se realiza con máquinas de inyección a presión adecuadas, a la temperatura indicada por el fabricante, la que generalmente es superior a los 193 °C.

Se especifica que de las configuraciones de sello indicadas en la subsección 301.03, se empleará la indicada en el acápite e) “Llenado a ras”, para lo cual el equipo deberá contar con la boquilla adecuada para la inyección del material en la grieta.

Bacheo Superficial de pavimentos asfálticos: En lo relativo a la subsección 303.02 acápite a), el contratista podrá proponer el uso de emulsiones asfálticas tipo CRS, su utilización quedará sujeta a la aprobación del contratante o su representante en la obra.

Para la subsección 303.02 acápite b), se hace referencia a lo indicado en las secciones 1051 y 1052. Para esta actividad se modifica o complementa la sección 1051, en lo siguiente: Sección 1051.02 Materiales, el Contratista podrá proponer la utilización de asfaltos cutback tipo RC-250. La granulometría a emplear es la correspondiente a la columna quinta de la tabla 1351-1.

El Contratista deberá presentar el diseño de la mezcla y deberá ajustarse a los criterios de diseño Marshall para Mezclas Asfálticas en Frío (Manual MS 14 del Instituto del asfalto), utilizando asfaltos rebajados (cutback).

Porcentaje de solvente evaporado	25%
No de Golpes por cara	75
Porcentaje de Vacíos con Aire	3% - 5%
Porcentaje de Vacíos en Agregado Mineral	Tabla 1352-4 del SIECA
Estabilidad Marshall mínima	2224 N (500 lb)
Flujo (0.01in)	8 – 16
Porcentaje de Resistencia Retenida ¹	75% 4 días en sumersión a 25°C Relación
Polvo Asfalto ²	0.6 a 1.3

¹ Ensayo de tensión diametral (ASTM D 4867)

² Definida como el porcentaje de material que pasa el tamiz de 75 μ , dividido entre el porcentaje de asfalto en mezcla. En los casos en que se utilice relleno mineral y/o aditivo no líquido para adherencia (cal), la porción que pase el tamiz de 75 μ deberá ser sumado al porcentaje de material que pasa dicho tamiz.

Para el control de calidad de la mezcla, los parámetros de aceptación serán los definidos en la tabla 1352-2 del SIECA, modificando la tolerancia para el contenido de asfalto la que será $\pm 0.4\%$. (Esto es aplicable de forma similar a la mezcla en caliente). Sección 1352: Se define como la granulometría a usar la indicada en la tabla 1352-1 columna quinta.

Se establece que antes de iniciar las actividades de bacheo el Contratista deberá presentar el diseño de la mezcla para su aprobación y posterior control de producción.

Tanto para mezclas en caliente y en frío, el Contratista deberá presentar los certificados de calidad requeridos por cada día de producción. En el caso de las mezclas en frío, no se permitirá el acopio de mezclas de días diferentes de producción en un solo apilamiento, estos deben ser acopiados en apilamientos independientes debidamente identificados para su control.

En lo relativo a la subsección 303.03 acápite a), se establece que la excavación y retiro del material será realizada con fresadora en los espesores indicados. En la misma subsección acápite d) para el caso de las mezclas en caliente las temperaturas mínimas de colocación y compactación, serán las indicadas en el diseño.

No se aceptarán baches con superficies segregadas, desniveladas, con el nivel terminado por encima o por debajo de la superficie existente o que con el paso del tráfico se genere el desprendimiento del agregado o la deformación de la superficie, la ocurrencia de uno de estos casos conlleva la sustitución completa de la mezcla asfáltica colocada, sin costo alguno al contratante.

Reparación de Áreas de Falla (Sin reposición de carpeta): Se excluyen de la subsección 302.01 las actividades de los acápites b) y d). En lo relativo a la subsección 302.02, se excluye el acápite a) y se modifica el acápite b) con respecto a que el material debe cumplir con lo estipulado con en la NIC 2000, específicamente en la Sección 1003-9 acápites a) y b) y la Granulometría será la indicada en la Tabla 1003-3, designación de graduación “D”. Se excluye el acápite b) manteniéndose aplicable lo relativo a la imprimación, ya que ésta deberá ser considerada como parte de la actividad. Las subsecciones 302.04 y 302.05, se modifican en cuanto la medición y pago de la actividad, será conforme el volumen (m³) de material de base colocado, obtenido geométricamente.

La densidad del material en el sitio deberá ser no menor al 98% de la densidad obtenida por Proctor Modificado. Para efectos de aceptación, se deberá tomar densidades in situ al menos en cinco puntos aleatorios por día de producción o una prueba de compactación por cada 10 m² de bacheo, los resultados por debajo de la densidad solicitada, equivale al rechazo de la zona representada por la prueba y su reparación sin costo alguno al contratante.

Reciclaje en frío de pavimentos asfálticos: Se define que los trabajos se limitarán a los espesores definidos (80 mm), pulverizando únicamente la carpeta asfáltica. Se modifica la subsección 313.02 en el sentido que el ligante a emplear será asfalto espumado, por lo que el trabajo definido en la subsección 313.03, debe complementarse con lo contenido en el

“Manual de Reciclado en Frío”, Wirtgen Group, 2da Edición, Noviembre 2004. La dosificación del asfalto deberá ser definida en laboratorio. La forma de pago se establecerá de forma parcial por metro cuadrado de área reciclada y por volumen de asfalto empleado (galón), en caso de necesitar la adición de cemento (máximo 1.5% por peso el asfalto), éste será subsidiario del suministro de asfalto.

Riego de Liga: Se define el pago por volumen colocado, para lo cual se indica el litro de asfalto rebajado (RC-250) o litro de emulsión (60-40) antes de la dilución con agua. La tasa de riego deberá ser tal que garantice un asfalto residual entre 0.18 y 0.27 lts/m².

Colocación de capa asfáltica de refuerzo en caliente: Se complementa o modifica la sección 304 en lo siguiente:

En el costo unitario no se debe considerar como subsidiaria la actividad de riego de liga ya que existe el concepto por separado de los materiales a utilizar definidos en la subsección 304.02, se indica que se empleará concreto asfáltico en caliente, cuya producción se rige por lo indicado en la sección 1352. Al respecto se define como la granulometría a usar la indicada en la columna quinta de la tabla 1352-1. En la tabla 1352-2, se modifica la tolerancia para el contenido de asfalto el que será $\pm 0.4\%$. En la tabla 1352-3, en lugar de “Estabilidad Retenida”, de deberá medir Resistencia Retenida, la que se obtiene por el ensayo de Tensión Diametral (ASTM D 4867), cuyo valor mínimo permisible será de 75%.

El Contratista deberá presentar el diseño de la mezcla para su aprobación y posterior control de producción, antes de iniciar las actividades de recarpeteo. De igual forma, deberá presentar los certificados de calidad requeridos por cada día de producción o por cada 500 toneladas, lo que ocurra primero.

La frecuencia de la toma de densidades en la carpeta colocada, se establece en un mínimo de cinco muestras por día de producción o una por cada cien metros lineales, cuando la producción diaria cubra una longitud superior a 500 metros carril. En ambos casos la localización de las pruebas será aleatoria. La aceptación de la producción del día, se sujeta al promedio de las muestras tomadas, el que deberá ser mayor al 92% de la densidad máxima teórica (8 % de vacíos) y que ninguno de los resultados individuales sea menor al

90% de la densidad máxima teórica (10 % de vacíos); el no cumplir con al menos una de las dos condiciones, conlleva el rechazo del lote del día de producción.

La forma de pago se define en dos componentes. El primero por el volumen (m³) de mezcla suministrada y colocada obtenido geométricamente. El segundo el volumen de cemento asfáltico (gls) empleado en la mezcla, calculado en base del porcentaje de asfalto obtenido del resultado de laboratorio de la muestra representativa del lote y la densidad in situ de carpeta colocada, así como la densidad del cemento asfáltico empleado.

Reconformación de cunetas sin revestir: Se define como forma de medición y pago el kilómetro de cuneta conformada, incluyendo las longitudes de desagües en los casos que sean necesarios.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Tomando como base los objetivos propuestos en este trabajo, se concluye lo siguiente:

- ✓ Con los datos de deflexiones obtenidos con la viga Benkelman, para el tramo de carretera Rivas – La Virgen, se calcularon las deflexiones características o representativas para cada sección homogénea, que junto con el ESAL de diseño, se determinaron los espesores de recapa de asfalto para cada sección homogénea los cuales fueron de 1.48 mm entre las estaciones 105+000 y 110+200 y de 1.15 mm entre las estaciones 110+200 y 121+600, espesores determinados por el método AASHTO particularmente para bases granular.

- ✓ Datos como el CBR, Clasificación de Suelos, Límites de Atterberg, así como la inspección visual efectuada en el tramo de carretera fueron indispensables para diagnosticar el estado de la estructura de pavimento y así determinar el tipo de mantenimiento correctivo que se debe aplicar.

- ✓ Previo a la colocación de la recapa de asfalto que le corresponde a cada sección homogénea y conforme a la evaluación del tramo de carretera, de acuerdo a lo especificado deberán aplicarse los mantenimientos correspondientes a: Sello de fisuras y grietas (todo el tramo de 16.6 KM), bacheo superficial (inicia Est. 105+000 finaliza Est. 114+000), reparación de áreas de falla (inicia 105+000 finaliza Est. 114+000), reciclaje en frío utilizando la técnica de asfalto espumado (inicia Est. 114+000 finaliza Est. 121+600), riego de liga (todo el tramo de 16.6 KM) y Reconformación de cunetas.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda realizar sondeos (calicatas) y DCP adicionales en las zonas más cercanas a las estaciones donde se encontraron arcillas expansivas tipo A-7-6 y así tener un rango de cobertura mayor.

- ✓ El presente trabajo se limita a la mejora y mantenimiento de la estructura del pavimento del tramo de carretera, por lo que las actividades complementarias de señalización horizontal y vertical, actividades rutinarias de limpieza, entre otras, deberán evaluarse e incluirse al momento de ejecutar el mantenimiento.

- ✓ Las actividades antes descritas, son el resultado de la evaluación técnica realizada en la actualidad, por lo que cualquier variación de las condiciones de la vía posteriores a la realización de este estudio, deberán ser ajustadas a la nueva situación.

I. BIBLIOGRAFIA

1. Anuario estadístico del Tráfico Vehicular año 2014 Gobierno de Nicaragua, Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.
2. Alfonso Montejo Fonseca, Ingeniería de Pavimentos para Carreteras (2001), Segunda Edición.
3. Apuntes de Clase Diseño de Pavimentos Flexibles, Mantenimiento de Caminos, Tránsito.
4. AASHTO Guide For Desing Of Pavement Structures 1993.
5. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC 2000.
6. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA.
7. Oscar V. Cordo, Diseño de Pavimentos (2006), traducción AASHTO 93, 3ra Edición.

ANEXOS

ANEXO 1

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE DCP TRAMO DE CARRETERA RIVAS – LA VIRGEN

Tabla No. 27 Ensayos CBR Est.105+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		01	
Estación :		105+000	
Carril:		Izquierdo	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	13	13	99
Capa 1	20	33	240
Capa 2	175	208	422
Capa 3	95	303	198
Capa 4	362	665	65
Capa 5	102	767	171
Capa 6	20	787	34

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 28 Ensayos CBR Est.108+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		02	
Estación :		108+000	
Carril:		Derecho	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	25	25	27
Capa 1	20	45	75
Capa 2	120	165	368
Capa 3	190	355	145
Capa 4	62	417	59
Capa 5	78	495	29
Capa 6	190	685	63

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 29 Ensayos CBR Est.108+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		03	
Estación :		108+500	
Carril:		Izquierdo	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	15	15	48
Capa 1	262	277	311
Capa 2	108	385	87
Capa 3	69	454	44
Capa 4	72	526	18
Capa 5	60	586	9
Capa 6	169	755	2

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 30 Ensayos CBR Est.109+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		04	
Estación :		109+000	
Carril:		Derecho	
Offset (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	28	28	51
Capa 1	96	124	232
Capa 2	215	339	109
Capa 3	191	530	35
Capa 4	149	679	94
Capa 5	128	807	22

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 31 Ensayos CBR Est.109+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		05	
Estación :		109+500	
Carril:		Izquierdo	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	17	17	90
Capa 1	175	192	281
Capa 2	205	397	123
Capa 3	70	467	18
Capa 4	70	537	6
Capa 5	74	611	11
Capa 6	169	780	4

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 32 Ensayos CBR Est.110+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		06	
Estación :		110+000	
Carril:		Derecho	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	30	30	57
Capa 1	271	301	179
Capa 2	57	358	65
Capa 3	177	535	47
Capa 4	82	617	27
Capa 5	80	697	16
Capa 6	83	780	12

Tabla No. 33 Ensayos CBR Est.111+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:			07
Estación :			111+500
Carril:			Izquierdo
Distancia de hombro (m):			0.0
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	22	22	31
Capa 1	20	42	118
Capa 2	390	432	250
Capa 3	57	489	109
Capa 4	73	562	35
Capa 5	44	606	20
Capa 6	145	751	6

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 34 Ensayos CBR Est.113+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:			08
Estación :			113+500
Carril:			Izquierdo
Distancia de hombro (m):			0.0
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	26	26	77
Capa 1	258	284	617
Capa 2	192	476	137
Capa 3	210	686	38
Capa 4	187	873	32
Capa 5	20	893	75

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 35 Ensayos CBR Est.114+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		09	
Estación :		114+000	
Carril:		Derecho	
Offset (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	26	26	77
Capa 1	258	284	617
Capa 2	192	476	137
Capa 3	210	686	38
Capa 4	187	873	32
Capa 5	20	893	75

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 36 Ensayos CBR Est.115+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		10	
Estación :		115+000	
Carril:		Derecho	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	30	30	75
Capa 1	190	220	417
Capa 2	190	410	78
Capa 3	159	569	40
Capa 4	150	719	24
Capa 5	141	860	51

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 37 Ensayos CBR Est.116+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:			11
Estación :			116+500
Carril:			Derecho
Distancia de hombro (m):			0.5
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	31	31	63
Capa 1	274	305	415
Capa 2	66	371	119
Capa 3	61	432	60
Capa 4	75	507	34
Capa 5	150	657	12
Capa 6	102	759	5

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 38 Ensayos CBR Est.117+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		12	
Estación :		117+500	
Carril:		Derecho	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	19	19	50
Capa 1	191	210	304
Capa 2	83	293	65
Capa 3	74	367	17
Capa 4	169	536	8
Capa 5	307	843	11

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 39 Ensayos CBR Est.118+000

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		13	
Estación :		118+000	
Carril:		Izquierdo	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	23	23	29
Capa 1	214	237	232
Capa 2	135	372	95
Capa 3	206	578	67
Capa 4	176	754	35
Capa 5	72	826	73
Capa 6	31	857	167

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 40 Ensayos CBR Est.118+500

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		14	
Estación :		118+500	
Carril:		Derecho	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	19	19	65
Capa 1	208	227	450
Capa 2	95	322	70
Capa 3	78	400	25
Capa 4	150	550	19
Capa 5	120	670	38

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 41 Ensayos CBR Est.121+600

Ubicación de los sitios ensayados			
Ensayo:		15	
Estación :		121+600	
Carril:		Izquierdo	
Distancia de hombro (m):		0.0	
Condición estructural del pavimento			
Capa	Espesor (mm)	Profundidad (mm)	CBR (%)
Superficie suelta	28	28	35
Capa 1	210	238	245
Capa 2	110	348	98
Capa 3	180	528	80
Capa 4	190	718	62
Capa 5	95	813	79
Capa 6	55	886	170

Fuente: Informe Técnico ICC

ANEXO 2

**RESUMEN DE RESULTADOS DE CALICATAS
TRAMO DE CARRETERA RIVAS – LA VIRGEN**

Tabla No. 42 Resultados de Laboratorio Sondeo – 01 Estación 105+000

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
105+000	Izquierdo	S-01	M-1	0	10	10												
		S-01	M-2	10	25	15			NP	100	100	92	49	34	17	8	Grava bien graduada con limo y arena (GW-GM)	A-1-a (0)
		S-01	M-3	25	45	20			NP	100	100	93	69	55	32	15	Arena limosa con grava (SM)	A-1-b (0)
		S-01	M-4	34	41	7	24	17	7	100	100	92	74	64	42	22	Arena arcillosa con grava (SC)	A-2-4 (0)
		S-01	M-5	41	57	16	31	20	11	100	100	100	99	98	95	62	Arcilla rala arenosa (CL)	A-6 (6)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 43 Resultados de Laboratorio Sondeo – 02 Estación 105+500

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
108+500	Izquierdo	S-02	M-1	0	12	12												
		S-02	M-2	12	32	20	25	17	8	100	100	79	44	32	17	9	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa con arena) (GW-GC)	A-2-4 (0)
		S-02	M-3	32	52	20			NP	100	100	75	33	24	13	6	Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM)	A-1-a (0)
		S-02	M-4	52	72	20	29	19	10	100	100	94	73	60	39	21	Arena arcillosa con grava (SC)	A-2-4 (0)
		S-02	M-5	72	150	78	40	23	17	100	100	95	83	76	69	60	Arcilla rala arenosa con grava (CL)	A-6 (8)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 44 Resultados de Laboratorio Sondeo – 03 Estación 109+500

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
109+500	Izquierdo	S-03	M-1	0	7	7												
		S-03	M-2	7	27	20			NP	100	100	75	36	25	14	7	Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM)	A-1-a (0)
		S-03	M-3	27	43	16			NP	100	100	98	77	64	39	19	Arena limosa con grava (SM)	A-1-b (0)
		S-03	M-4	43	63	20			NP	100	100	86	63	51	31	21	Arena limosa con grava (SM)	A-1-b (0)
		S-03	M-5	63	150	87	45	27	18	100	100	100	100	99	94	78	Limo con arena (ML)	A-7-6 (15)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 45 Resultados de Laboratorio Sondeo – 04 Estación 111+500

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
111+500	Izquierdo	S-04	M-1	0	10	10												
		S-04	M-2	10	30	20			NP	100	100	76	41	29	17	9	Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM)	A-1-a (0)
		S-04	M-3	30	50	20			NP	100	100	94	68	58	41	18	Arena limosa con grava (SM)	A-1-b (0)
		S-04	M-4	50	100	50			NP	100	90	59	34	27	18	9	Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM)	A-1-a (0)
		S-04	M-5	100	150	50	48	29	19	100	100	100	96	94	87	63	Limo arenoso (ML)	A-7-6 (11)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 46 Resultados de Laboratorio Sondeo – 05 Estación 114+250

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
114+250	Izquierdo	S-05	M-1	0	7	7												
		S-05	M-2	7	40	33			NP	100	100	83	47	34	19	10	Grava bien graduada con limo y arena (GW-GM)	A-1-a (0)
		S-05	M-3	40	55	15	25	17	8	100	100	85	61	50	33	18	Arena arcillosa con grava (SC)	A-2-4 (0)
		S-05	M-4	55	150	95	51	24	27	100	100	100	93	87	81	77	Arcilla espesa con arena (CH)	A-7-6 (21)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 47 Resultados de Laboratorio Sondeo – 06 Estación 117+500

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
117+500	Izquierdo	S-06	M-1	0	7	7												
		S-06	M-2	0	27	27			NP	100	100	73	36	26	14	7	Grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM)	A-1-a (0)
		S-06	M-3	27	47	20			NP	100	100	85	55	48	36	16	Grava limosa con arena (GM)	A-1-b (0)
		S-06	M-4	47	100	53	31	19	12	100	100	93	85	83	78	55	Arcilla rala arenosa con grava (CL)	A-6 (5)
		S-06	M-5	100	150	50	56	18	38	100	100	99	97	95	92	88	Arcilla espesa (CH)	A-7-6 (35)

Fuente: Informe Técnico ICC

Tabla No. 48 Resultados de Laboratorio Sondeo – 07 Estación 121+600

Sitio muestreado				Espesor de muestreo			Límites de Atterberg			Granulometría (% que pasa)							Clasificación de suelos	
Estación	Carril	Sondeo	Muestra	Desde	Hasta	Total	LL	LP	IP	3"	2"	3/4"	No.4	No.10	No.40	No.200	Sistema SUCS	Sistema HRB
				(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	75.0 mm	50.0 mm	19.0 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm		
121+600	Izquierdo	S-07	M-1	0	7	7												
		S-07	M-2	7	45	38			NP	100	100	83	50	30	22	11	Grava bien graduada con limo y arena (GW-GM)	A-1-a (0)
		S-07	M-3	45	60	15	26	19	13	100	100	85	64	48	32	16	Arena arcillosa con grava (SC)	A-2-4 (0)
		S-07	M-4	75	150	75	53	24	28	100	100	100	93	86	82	77	Arcilla espesa con arena (CH)	A-7-6 (21)

Fuente: Informe Técnico ICC

ANEXO 3

TABLAS DE FACTORES DE EQUIVALENCIA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Tabla No.49 Factores de Equivalencia de Ejes Simples

Tabla 3.4. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.5$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0(152.4)
2	8.9	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004
4	17.8	.003	.004	.004	.003	.002	.002
6	26.7	.011	.017	.017	.013	.01	.009
8	35.6	.032	.047	.051	.041	.034	.031
10	44.5	.078	.102	.118	.102	.088	.080
12	53.4	.168	.198	.229	.213	.189	.176
14	62.3	.328	.358	.399	.388	.360	.342
16	71.2	.591	.613	.646	.645	.623	.606
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	97.9	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	106.8	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	115.7	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	124.6	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	133.5	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	142.4	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	151.3	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	160.0	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	169.1	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19
40	178.0	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	186.9	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	195.8	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	204.7	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	213.6	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	222.5	112	102	79	60	53	55

Fuente: Diseño de Pavimentos Flexibles AASHTO 93

Tabla No.50 Factores de Equivalencia de Ejes Dobles

Tabla 3.5. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.5$

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0(152.4)
2	8.9	.0001	.0001	.0001	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0005	.0005	.0004	.0003	.0003	.0002
6	26.7	.002	.002	.002	.001	.001	.001
8	35.6	.004	.006	.005	.004	.003	.003
Lo	44.5	.008	.013	.011	.009	.007	.006
12	53.4	.015	.024	.023	.018	.014	.013
14	62.3	.026	.041	.042	.033	.027	.024
16	71.2	.044	.065	.07	.057	.047	.043
18	80.0	.070	.097	.109	.092	.077	.070
20	89.0	.107	.141	.162	.141	.121	.110
22	97.9	.160	.198	.229	.207	.180	.166
24	106.8	.231	.273	.315	.292	.260	.242
26	115.7	.327	.370	.420	.401	.364	.342
28	124.6	.451	.493	.548	.534	.495	.470
30	133.5	.611	.648	.703	.695	.658	.633
32	142.4	.813	.843	.889	.887	.857	.834
34	151.3	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	178.0	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	186.9	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	195.8	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	204.7	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	213.6	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
So	222.5	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28

Fuente: Diseño de Pavimentos Flexibles AASHTO 93

Tabla No.51 Factores de Equivalencia de Ejes Triples

Tabla 3.6. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes trídems, $pt = 2.5$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0002	.0002	.0002	.0001	.0001	.0001
6	26.7	.0006	.0007	.0005	.0004	.0003	.0003
8	35.6	.001	.002	.001	.001	.001	.001
10	44.5	.003	.004	.003	.002	.002	.002
12	53.4	.005	.007	.006	.004	.003	.003
14	62.3	.008	.012	.01	.008	.006	.006
16	71.2	.012	.019	.018	.013	.011	.010
18	80.0	.018	.029	.028	.021	.017	.016
20	89.0	.027	.042	.042	.032	.027	.024
22	97.9	.038	.058	.060	.048	.040	.036
24	106.8	.053	.078	.084	.068	.057	.051
26	115.7	.072	.103	.114	.095	.080	.072
28	124.6	.098	.133	.151	.128	.109	.099
30	133.5	.129	.169	.195	.170	.145	.133
32	142.4	.169	.123	.247	.220	.191	.175
34	151.3	.219	.266	.308	.281	.246	.228
36	160.0	.279	.329	.379	.352	.313	.292
38	169.1	.352	.403	.461	.436	.393	.368
40	178.0	.439	.491	.554	.533	.487	.459
42	186.9	.543	.594	.661	.644	.597	.567
44	195.8	.666	.714	.781	.769	.723	.692
46	204.7	.811	.854	.918	.911	.868	.838
48	213.6	.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	222.5	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	231.4	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	240.3	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66

Fuente: Diseño de Pavimentos Flexibles AASHTO 93

ANEXO 4

REGISTRO FOTOGRAFICO

-NÚCLEOS EXTRAÍDOS

-FALLAS PREDOMINANTES

REGISTRO DE NÚCLEOS DE CARPETA ASFÁLTICA



Fuente: Informe Técnico ICC

FALLAS PREDOMINANTES

UBICACIÓN: ESTACION 108+500



FUENTE: INFORME TECNICO ICC

UBICACIÓN: ESTACION 109+500



FUENTE: INFORME TECNICO ICC

UBICACIÓN: ESTACION 110+500



FUENTE: INFORME TECNICO ICC

UBICACIÓN: ESTACION 114+250



FUENTE: INFORME TECNICO ICC

UBICACIÓN: ESTACION 117+500



FUENTE: INFORME TECNICO ICC

UBICACIÓN: ESTACION 118+500



FUENTE: INFORME TECNICO ICC